

Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería de las Tecnologías de Telecomunicación

Algoritmo de segmentación de lesiones pigmentadas de la piel basado en minimización de energías

Autor: Mercedes García Morales

Tutoras: Begoña Acha Piñero y Carmen Serrano Gotarredona

Dep. Teoría de la Señal y Comunicaciones
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017



Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería de las
Tecnologías de Telecomunicación

Algoritmo de segmentación de lesiones pigmentadas de la piel basado en minimización de energías

Autor:

Mercedes García Morales

Tutor:

Begoña Acha Piñero

(Profesora titular)

Carmen Serrano Gotarredona

(Profesora titular)

Dep. de Teoría de la Señal y Comunicaciones

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017

Trabajo de Fin de Grado: Algoritmo de segmentación de lesiones pigmentadas de la piel basado en minimización de energías

Autor: Mercedes García Morales

Tutoras: Begoña Acha Piñero y Carmen Serrano Gotarredona

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2017

El Secretario del Tribunal

El valor de una educación universitaria no es el aprendizaje de muchos datos, sino el entrenamiento de la mente para pensar.

Albert Einstein

Agradecimientos

Aunque estas líneas suelen estar dedicadas a las personas que han estado alrededor y/o involucrados en este proyecto, me voy a desviar un poco. Me gustaría aprovechar esta oportunidad para dedicarles unas breves palabras a todas aquellas personas que han puesto su granito de arena para que haya llegado hasta el día de hoy siendo la persona que soy.

En primer lugar, quiero agradecerles a todos los profesores que he tenido desde que dio inicio mi educación, y, en especial a África, Trini, Juan Gómez, Gerardo, Ichi, María José, Marina, Antonio Díaz, Pablo y Emilio. Aunque no sean conscientes, me han guiado en mi camino hasta aquí. De una manera u otra, algunos de ellos me ayudaron a levantarme, otros me guiaron hasta la línea de salida de la carrera y otros me han acompañado a lo largo de ella.

Vivir en dos ciudades completamente distintas me brindó la oportunidad de saber que el mundo es tan pequeño como uno quiera verlo, que dos ciudades están tan cerca como uno desee. Si no hubiera sido por mi Cádiz natal, no sabría de dónde provengo. Si no hubiera sido por Córdoba en mi adolescencia, no sabría a dónde voy. Si no hubiera sido por Sevilla durante mi madurez, no sabría a dónde llegaré ni quién soy. Cuando hablo de una ciudad, no estoy hablando sólo la ciudad en sí, sino de las personas que allí he conocido y de todas y cada una de las experiencias vividas. Gracias a mis amigas gaditanas y cordobesas, porque gracias a vosotras conozco el significado de la amistad y que la distancia física no aleja a las personas, sino que las acerca. Ellas son a las que querré siempre como compañeras de cualquier carrera en la vida.

A lo largo de estos años en Sevilla, entre la Escuela, el Colegio Mayor Santa María del Buen Aire y demás sitios, he conocido muchísima gente, y aunque algunos se han marchado, muchos otros llegaron para quedarse por muchísimo tiempo. No creo que haga falta mencionar a cada uno de ellos, porque lo saben perfectamente. Gracias a cada una de estas personas, porque en mayor o menor medida, todos habéis dejado huella en mí y me habéis animado a seguir adelante.

Estoy muy satisfecha con todo lo que me ha aportado estudiar una Ingeniería. Me ha enseñado a utilizar las herramientas necesarias para cualquier problema que se plantee, tanto en el trabajo, como en la vida misma. Es por ello que este Trabajo de Fin de Grado marca el cierre de una etapa de mi vida que ha sido maravillosa y un final de meta de una carrera muy sufrida.

Agradecerles a mis tutoras de TFG, Carmen y Begoña, todo su apoyo en este proyecto, por depositar en mí la confianza para realizarlo y por la paciencia que han tenido cuando no entendía algo. También daros las gracias porque me habéis ayudado a descubrir cuál será mi próxima carrera.

Gracias a ti, amigo, compañero de aventuras y de estudios. Todo lo que pueda decirte es poco. Desde que llegaste has estado ahí, tanto en los días buenos como en las tormentas, animando como el que más, ayudándome a levantarme cuando me he tropezado con la misma piedra mil veces, ¡hasta has corrido a mi lado para darme el último empujón! Gracias Andrés, por todo el apoyo y cariño incondicional que he recibido, una parte de este trabajo te corresponde.

Por último, y por ello no menos importante, darles las gracias a mis padres por la oportunidad que me han dado de poder estudiar fuera de casa. Un esfuerzo del que estaré eternamente agradecida, porque sin ellos no hubiera sido posible nada de esto. Gracias también por todo vuestro apoyo, aliento y ánimo que me habéis dado a lo largo de esta dura carrera, ya que esto ha sido una carrera de fondo.

Mercedes García Morales

Sevilla, 2017

Resumen

En este Trabajo de Fin de Grado se realiza la comparación de tres métodos automáticos para la segmentación de lesiones pigmentadas de la piel basándose en un algoritmo de minimización de energías de relajación convexa presentado en el artículo “Global Minimization for Continuous Multiphase Partitioning Problems Using a Dual Approach” de Egil Bae, Jing Yuan y Xue-Cheng Tai [1].

En primer lugar, se ha implementado una segmentación basada en dos etiquetas, una correspondiente a la lesión pigmentada y la otra a la piel. Tras comprobar que los resultados obtenidos eran bastante pobres, se tomó la decisión de realizar un segundo estudio utilizando un total de cuatro etiquetas para la segmentación, de las cuales tres pertenecen a la lesión pigmentada y una cuarta a la piel sana.

Por último, se decidió añadir al trabajo un tercer método basándose en histogramas locales, donde en un primer lugar se ha remapeado la imagen en función de un número de centroides de color. A continuación, se han obtenido aleatoriamente unos histogramas de referencia de ambas regiones de la imagen y se han calculado las distancias de éstos a cada histograma local. Para terminar, se ha realizado la segmentación basándose en estas distancias obtenidas.

Las imágenes utilizadas, como se explica detalladamente en el Capítulo 4, se han obtenido del “Challenge on Skin Lesion Analysis Towards Melanoma Detection” realizado por IEEE International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI) en 2017. Además, se han utilizado medidas usadas en el campo de la imagen médica, como, por ejemplo, la sensibilidad, la especificidad, el coeficiente de Dice, el índice de Jaccard o la distancia de Hausdorff, para analizar y cuantificar cuál de los métodos se acerca más a la verdad de referencia, definida por los expertos.

Abstract

This Bachelor Thesis compares three automatic methods for the segmentation of pigmented lesions of the skin is performed based on an algorithm of energy minimization of convex relaxation presented in the article “Global Minimization for Continuous Multiphase Partitioning Problems Using a Dual Approach” from Egil Bae, Jing Yuan y Xue-Cheng Tai [1].

Firstly, a segmentation based on two labels was implemented, the first one corresponding to the pigmented lesion and the second one to the skin. After checking that the obtained results were poor, it was decided to add a total of four labels for the segmentation, three of which belong to the pigmented lesion and the other one to healthy skin.

Finally, it was decided to add a new method based on local histograms. In the first place the image has been remaped according to a certain number of centroids. Following this, reference histograms of both regions of the image were randomly obtained and the distances of these regions were calculated for each local histogram. In the end, segmentation is performed based on these obtained distances.

The images used, as explained in detail in Chapter 4, have been obtained from the IEEE International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI) Challenge on Skin Lesion Analysis Towards Melanoma Detection in 2017. In addition, measures applied in medical imaging, such as sensitivity, specificity, Dice coefficient, Jaccard index or Hausdorff distance, have been used to analyze and quantify which of the methods is the closest to the ground truth, which was defined by the specialists.

Índice

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Abstract	xiii
Índice	xv
Índice de Tablas	xvii
Índice de Figuras	xix
1 Introducción	1
1.1 <i>Cáncer de piel y tipos</i>	1
1.2 <i>Diagnóstico</i>	2
1.3 <i>Dermatoscopio</i>	3
2 Estado del Arte	5
2.1 <i>Estado del arte de la segmentación aplicada a las lesiones pigmentadas</i>	5
3 Algoritmos Implementados	7
3.1 <i>Preprocesamiento de las imágenes</i>	7
3.2 <i>Segmentación de minimización de energía mediante relajación convexa</i>	13
3.2.1 <i>Método 1: Segmentación con dos etiquetas</i>	15
3.2.2 <i>Método 2: Segmentación con cuatro etiquetas</i>	15
3.2.3 <i>Método 3: Histogramas</i>	15
3.3 <i>Postprocesamiento de las imágenes</i>	16
4 Material y Métodos de Evaluación	19
4.1 <i>Segmentación de la lesión</i>	19
4.1.1 <i>Training data</i>	19
4.1.2 <i>Ground Truth</i>	19
4.1.3 <i>Métodos de Evaluación</i>	20
5 Resultados	25
5.1 <i>Resultados obtenidos para el tamaño 0 de disco de dilatación</i>	26
5.2 <i>Resultados obtenidos para el tamaño 2 de disco de dilatación</i>	29
5.3 <i>Resultados obtenidos para el tamaño 5 de disco de dilatación</i>	32
5.4 <i>Resultados obtenidos para el tamaño 7 de disco de dilatación</i>	36
5.5 <i>Resultados obtenidos para el tamaño 10 de disco de dilatación</i>	40
5.6 <i>Resultados obtenidos para el tamaño 15 de disco de dilatación</i>	45
5.7 <i>Comentarios y observaciones</i>	47
5.7.1 <i>Comentarios comunes</i>	47
5.7.2 <i>Efecto de imfill</i>	49
5.7.3 <i>Efecto de la aleatoriedad de la obtención de los histogramas de referencia</i>	49
6 Conclusiones y Líneas Futuras	53
Referencias	55

Anexo I	59
Anexo II	67
Anexo III	99
Anexo IV	131

Índice de Tablas

Tabla 3-1. Relación de colores con los bordes representados.	10
Tabla 4-1. Restricciones de calidad para las medidas de región.	21
Tabla 4-2. Relación de imágenes con sus respectivas dimensiones.	23
Tabla 4-3. Relación de imágenes agrupadas por dimensiones.	23
Tabla 4-4. Restricciones de calidad para MDCP y distancia Hausdorff respectivamente.	24
Tabla 5-1. Resultados obtenidos para la evaluación de regiones sin aplicar dilatación.	26
Tabla 5-2. Resultados obtenidos para la evaluación de MDCP sin aplicar dilatación.	26
Tabla 5-3. Resultados obtenidos para la evaluación de Distancia de Hausdorff sin aplicar dilatación.	27
Tabla 5-4. Resultados obtenidos para la evaluación de regiones aplicando un disco de tamaño 2 píxeles.	29
Tabla 5-5. Resultados obtenidos para la evaluación de MDCP aplicando un disco de tamaño 2 píxeles.	29
Tabla 5-6. Resultados obtenidos para la evaluación de Distancia de Hausdorff aplicando un disco de tamaño 2 píxeles.	30
Tabla 5-7. Resultados obtenidos para la evaluación de regiones aplicando un disco de tamaño 5 píxeles.	32
Tabla 5-8. Resultados obtenidos para la evaluación de MDCP aplicando un disco de tamaño 5 píxeles.	32
Tabla 5-9. Resultados obtenidos para la evaluación de Distancia de Hausdorff aplicando un disco de tamaño 5 píxeles.	33
Tabla 5-10. Resultados obtenidos para la evaluación de regiones aplicando un disco de tamaño 7 píxeles.	36
Tabla 5-11. Resultados obtenidos para la evaluación de MDCP aplicando un disco de tamaño 7 píxeles.	36
Tabla 5-12. Resultados obtenidos para la evaluación de Distancia de Hausdorff aplicando un disco de tamaño 7 píxeles.	37
Tabla 5-13. Resultados obtenidos para la evaluación de regiones aplicando un disco de tamaño 10 píxeles.	40
Tabla 5-14. Resultados obtenidos para la evaluación de MDCP aplicando un disco de tamaño 10 píxeles.	40
Tabla 5-15. Resultados obtenidos para la evaluación de Distancia de Hausdorff aplicando un disco de tamaño 10 píxeles.	41
Tabla 5-16. Resultados obtenidos para la evaluación de regiones aplicando un disco de tamaño 15 píxeles.	45
Tabla 5-17. Resultados obtenidos para la evaluación de MDCP aplicando un disco de tamaño 15 píxeles.	45
Tabla 5-18. Resultados obtenidos para la evaluación de Distancia de Hausdorff aplicando un disco de tamaño 15 píxeles.	46
Tabla 5-19. Comparativa de medidas antes y después de aplicar <i>imfill</i> .	49

Tabla 5-20. Resultados tras la ejecución repetida del algoritmo para la misma imagen.

51

Índice de Figuras

Figura 1-1. Estructura de la piel.	1
Figura 1-2. Esquema Regla ABCDE.	2
Figura 1-3. Ejemplo de un dermatoscopio.	3
Figura 3-1. Esquema de los algoritmos desarrollados.	7
Figura 3-2. Ejemplo de la imagen ISIC_0000000, antes y después de aplicarle el filtro gaussiano.	8
Figura 3-3. Máscara de piel sana.	8
Figura 3-4. Máscara de lesión pigmentada.	8
Figura 3-5. Imagen ISIC_0000024.jpg.	9
Figura 3-6. Imagen ISIC_0000077.jpg.	9
Figura 3-7. Ejemplo de la Imagen ISIC_0000024, antes y después de la selección de regiones en la fase de preprocesamiento.	9
Figura 3-8. Ejemplo de la imagen ISIC_0000075, antes y después de la selección de regiones en la fase de preprocesamiento.	9
Figura 3-9. Imagen ISIC_0000000 con sus respectivas máscaras y Ground Truth.	10
Figura 3-10. Ampliación de la Figura 3-9.	10
Figura 3-11. Imagen ISIC_00000000 remapeada con 4 centroides.	11
Figura 3-12. Imagen ISIC_00000000 remapeada con 5 centroides.	11
Figura 3-13. Imagen ISIC_00000000 remapeada con 7 centroides.	11
Figura 3-14. Imagen ISIC_00000000 remapeada con 10 centroides.	11
Figura 3-15. Imagen ISIC_00000000 remapeada con 15 centroides.	12
Figura 3-16. Imagen ISIC_00000000 remapeada con 20 centroides.	12
Figura 3-17. Imagen ISIC_00000000 remapeada con 25 centroides.	12
Figura 3-18. Ejemplo histograma de lesión.	13
Figura 3-19. Ejemplo histograma de piel.	13
Figura 3-20. Ejemplo histograma de lesión.	13
Figura 3-21. Ejemplo histograma de piel.	13
Figura 3-22. Ejemplo histograma de lesión.	13
Figura 3-23. Ventana 31x31 de la imagen original.	16
Figura 3-24. Histograma normalizado de la ventana 31x31 remapeada.	16
Figura 3-25. Ventana 31x31 de la imagen remapeada.	16
Figura 3-26. Ejemplo de la imagen ISIC_0000009, resultado del algoritmo (cuatro etiquetas) y su	

correspondiente conversión a máscara binaria.	16
Figura 3-27. Ejemplo de la imagen ISIC_0000009, resultado del algoritmo (histogramas) y su correspondiente conversión a máscara binaria.	17
Figura 3-28. Ejemplo de la imagen ISIC_0000024, antes y después de la selección de regiones en la fase de postprocesamiento.	17
Figura 3-29. Ejemplo de la imagen ISIC_0000075, antes y después de la selección de regiones en la fase de postprocesamiento.	17
Figura 3-30. Ejemplo de la imagen ISIC_0000024, antes y después de aplicar el relleno de la máscara.	18
Figura 3-31. Ejemplo de la imagen ISIC_0000509, antes y después de aplicar el relleno de la máscara.	18
Figura 4-1. Esquema de las variables VP, FP, VN y FN.	20
Figura 5-1. Esquema de la presentación de Resultados.	25
Figura 5-2. Verdad de referencia de la imagen ISIC_0000010.	27
Figura 5-3. Máscara obtenida en el método de 4 histogramas de referencia con 20 centroides.	27
Figura 5-4. Máscara obtenida en el método de 4 histogramas de referencia con 25 centroides.	27
Figura 5-5. Máscara obtenida para la imagen ISIC_0000386 con el método de 4 histogramas de referencia y 10 centroides.	28
Figura 5-6. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000001 con el método de 4 histogramas de referencia y 25 centroides.	31
Figura 5-7. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_00002439 con el método de 4 histogramas de referencia y 20 centroides.	31
Figura 5-8. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0011101 con el método de 5 histogramas de referencia y 20 centroides.	31
Figura 5-9. Máscara resultante para la imagen ISIC_0000386 en el método de 4 histogramas de referencia y 20 centroides.	31
Figura 5-10. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000010 con el método de 4 histogramas de referencia y 5 centroides.	34
Figura 5-11. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0002476 con el método de 4 histogramas de referencia y 5 centroides.	34
Figura 5-12. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000080 con el método de 4 histogramas de referencia y 20 centroides.	35
Figura 5-13. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000386 con el método de 4 histogramas de referencia y 20 centroides.	35
Figura 5-14. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000001.	38
Figura 5-15. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000386.	38
Figura 5-16. Verdad de referencia de ISIC_0000080 y ISIC_0000386.	39
Figura 5-17. Máscaras de ISIC_0000080 y ISIC_0000386, 4 histogramas de referencia y 20 centroides.	39
Figura 5-18. Máscaras de ISIC_0000080 y ISIC_0000386, 4 histogramas de referencia y 25 centroides.	39
Figura 5-19. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000509 con el método de 4 histogramas de referencia y 15 centroides.	42
Figura 5-20. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0002439 con el método de 4 histogramas de referencia y 25 centroides.	42
Figura 5-21. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000484 con el método de 4 histogramas de referencia y 5 centroides.	42

Figura 5-22. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000026 con el método de 4 histogramas de referencia y 10 centroides.	42
Figura 5-23. Verdad de refencia de la imagen ISIC_0000386.	43
Figura 5-24. Máscara obtenida para la imagen ISIC_0000386 con el método de 4 histogramas de referencia y 25 centroides.	43
Figura 5-25. Máscara obtenida para la imagen ISIC_0000386 con el método de 5 histogramas de referencia y 15 centroides.	43
Figura 5-26. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0011101 con el método de 4 histogramas de referencia y 20 centroides.	43
Figura 5-27. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_00000080 con el método de 4 histogramas de referencia y 20 centroides.	43
Figura 5-28. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000006 con el método de 4 histogramas de referencia y 25 centroides.	44
Figura 5-29. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000012 con el método de 4 histogramas de referencia y 25 centroides.	44
Figura 5-30. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000009 con el método de 4 histogramas de referencia y 7 centroides.	46
Figura 5-31. Máscara resultado para ISIC_0000024, sin dilatación, usando 4 histogramas de referencia y 10 centroides.	47
Figura 5-32. Máscara resultado para ISIC_0002476, con dilatación de tamaño 2, usando 4 histogramas de referencia y 25 centroides.	47
Figura 5-33. Máscara resultado para ISIC_0000336, con dilatación de tamaño 5, usando 5 histogramas de referencia y 15 centroides.	47
Figura 5-34. Máscara resultado para ISIC_0000012, con dilatación de tamaño 7, usando 4 histogramas de referencia y 15 centroides.	47
Figura 5-35. Máscara resultado para ISIC_0000001, con dilatación de tamaño 10, usando 4 histogramas de referencia y 20 centroides.	47
Figura 5-36. Máscara resultado para ISIC_0000077, con dilatación de tamaño 15, usando 4 histogramas de referencia y 7 centroides.	47
Figura 5-37. Ejemplo de una máscara que cubre la imagen completa.	48
Figura 5-38. Máscara Otsu para la imagen ISIC_0000484.	48
Figura 5-39. Histograma lunar 1.	49
Figura 5-40. Histograma lunar 2.	49
Figura 5-41. Histograma lunar 3.	49
Figura 5-42. Histograma piel 1.	50
Figura 5-43. Histograma piel 2.	50
Figura 5-44. Máscara de la primera ejecución.	50
Figura 5-45. Histograma lunar 1.	50
Figura 5-46. Histograma lunar 2.	50
Figura 5-47. Histograma lunar 3.	50
Figura 5-48. Histograma piel 1.	50
Figura 5-49. Histograma piel 2.	50
Figura 5-50. Máscara de la segunda ejecución.	51

1 INTRODUCCIÓN

El cáncer de piel es, a día de hoy, uno de los más peligrosos y uno de los más agresivos, teniendo en cuenta que la piel es el órgano más grande del cuerpo humano. El realizar una pronta detección de éste es totalmente determinante a la hora de poder superar este tipo de cáncer. Según los datos de la Asociación Española Contra el Cáncer (AECC), actualmente se diagnostican unos 160.000 casos al año en todo el mundo, de los cuales en España son unos 3.600 casos¹.

1.1 Cáncer de piel y tipos

Dentro de los tipos de cáncer de piel, se pueden dividir en tres tipos principales [2, 3]:

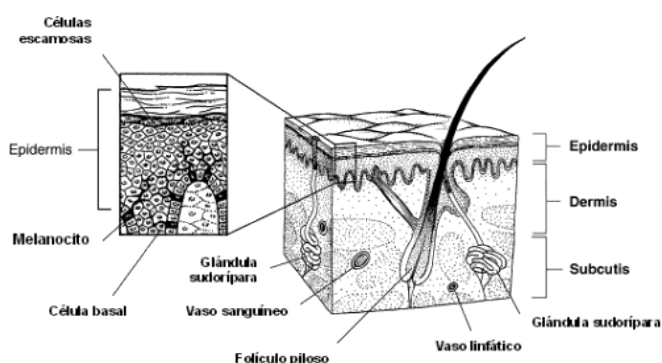


Figura 1-1. Estructura de la piel.

- Cáncer de piel de células basales (carcinoma de células basales). Es el tipo más común de cáncer de piel. Se suele dar en ocho de cada 10 casos de cáncer de piel. Tiene origen en las células basales de la epidermis. En general, esta clase de cáncer surge en las zonas más expuestas a la radiación solar, especialmente en la cabeza y cuello. Se caracteriza por su crecimiento lento y por la escasa extensión a otros órganos del cuerpo.
- Cáncer de piel de células escamosas (carcinoma de células escamosas). En torno a dos de diez casos de cáncer de piel que se detectan son de este tipo. Tienen origen en las células escamosas de la epidermis. Aunque aparece en las zonas expuestas al sol, también es frecuente en la cara, labios, dorsos de las manos, cicatrices o en llagas crónicas de la piel. Este tipo de cáncer tiene mayor probabilidad de crecer hacia capas más profundas de la piel.
- Melanoma. Este tipo de cáncer se origina en los melanocitos, las células que se encargan de la pigmentación de la piel, y éstas comienzan a crecer de una forma descontrolada. Surgen en cualquier

¹ Para más información, consultar la página web: www.aecc.es

parte de la piel, aunque especialmente comienzan en los hombres en el tronco y en las mujeres en las piernas. Aunque sea un cáncer menos común que los otros cánceres expuestos anteriormente, éste es mucho más peligroso por sus altas probabilidades de propagarse a otras partes del cuerpo si no es detectado a tiempo.

En definitiva, poder realizar una detección temprana del cáncer de piel hace que sea determinante el poder iniciar un tratamiento para curarlo o extirparlo cuanto antes.

1.2 Diagnóstico

En primer lugar, se pueden hacer autoexámenes de la piel al menos una vez al mes. Si se sigue las reglas ABCDE para un diagnóstico precoz, será fácil detectar algún lunar sospechoso. En el caso de encontrarlo, sin duda se debe acudir a un profesional de la salud para que pueda confirmar o rectificar y proporcionar más información. En caso de que el lunar comience a evolucionar, pasará a denominarse lesión pigmentada.

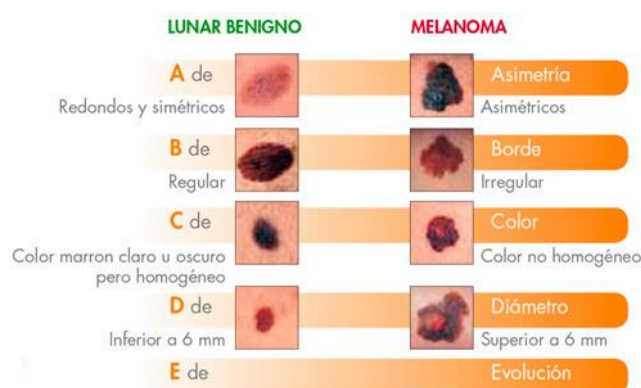


Figura 1-2. Esquema Regla ABCDE.

El médico de cabecera o el dermatólogo se fijan principalmente en la forma, el color, el tamaño, la textura de la zona pigmentada, si sangra o forma algún tipo de costra. Además, podría explorar el resto del cuerpo en búsqueda de otros lunares y manchas que puedan estar relacionados [4]. Las técnicas que usan los dermatólogos para identificar un lunar sospechoso son las siguientes [5]:

- Asimetría del lunar, si la lesión pigmentada presenta formas asimétricas, puede ser señal de alarma.
- Bordes mal definidos e irregulares.
- Coloración no uniforme y colores muy diferentes.
- Diámetro mayor que 6 mm.
- Evolución rápida de la lesión.

Además, como signos de alarma, los dermatólogos prestan especial atención en:

- Modificaciones inesperadas y rápidas en la superficie, tamaño, contorno y/o coloración de una lesión.
- Presencia de un halo inflamatorio alrededor de la lesión pigmentada.
- Aparición de manchas y/o nódulos contiguos a la lesión pigmentada.
- Exudación, ulceración y/o hemorragia.
- Si en la lesión pigmentada se produce picor o dolor.
- Trastornos en los ganglios linfáticos.

Por último, si el dermatólogo sospecha que un lunar puede ser cáncer de piel, se practicará una biopsia de la zona

en cuestión. Esta prueba no es más que una pequeña extirpación del área sospechosa de la piel y que, a posteriori, se analiza en un laboratorio para examinarlo con un microscopio.

1.3 Dermatoscopio

En el campo de la dermatología para realizar un primer diagnóstico de un lunar sospechoso se hace uso de la dermatoscopia, una técnica no invasiva de diagnóstico que permite examinar la epidermis del paciente.

Esto se puede realizar mediante un instrumento óptico, denominado dermatoscopio. Éste está formado por una lente cuyo índice de refracción es mayor al del aire ($n=1.52$) y muy cercano al índice de refracción de la epidermis ($n=1.55$) [6]. Con este instrumento se puede eliminar los fenómenos de refracción y reflexión de la luz. De tal manera que se podrá examinar mejor, con ayuda de una luz polarizada, las lesiones pigmentadas en la piel, que se encuentren por debajo de la superficie cutánea, en la epidermis. Además, este instrumento puede introducir un aumento de la imagen comprendido entre 10 y 40 aumentos.

Gracias al dermatoscopio se pueden realizar fotografías con una cámara normal del lunar sospechoso y así poder registrar la evolución de éste. Con estas imágenes obtenidas se pueden realizar aplicaciones para facilitar al dermatólogo la tarea de determinar si el lunar que se está analizando es maligno o benigno sin tener que realizar una prueba invasiva, como la biopsia.



Figura 1-3. Ejemplo de un dermatoscopio.

2 ESTADO DEL ARTE

La segmentación de imágenes es el proceso por el cual se inicia un análisis de la imagen para dividirla en distintas regiones o segmentos en función de sus partes constituyentes. Además, ésta es altamente dependiente de la aplicación a desarrollar [7]. La segmentación es un paso previo para realizar una extracción de características sobre el objeto a analizar y una posterior interpretación o clasificación de la escena. Es por esto que, sin lugar a dudas, es el paso más importante a la hora de desarrollar cualquier tipo de aplicación, ya que la correcta segmentación permitirá una buena extracción de características y una exitosa clasificación a posteriori.

Los métodos utilizados para la segmentación principalmente son [6, 8, 9]:

- Detección de bordes, consiste en detectar los bordes de la imagen realizando la primera y segunda derivada de la imagen.
- Umbralización, se fundamenta en realizar una separación de píxeles en función del valor que tengan, ya sea un valor que represente un nivel de gris o algún índice de algún mapa de colores. Dentro de este grupo de métodos, también se puede incluir la búsqueda de agrupaciones, que se trata de separar los píxeles en función de alguna propiedad que compartan.
- Crecimiento de regiones. Previamente hay que definir algunos píxeles, denominados “semillas” que estarán dentro de esas regiones que se desea segmentar. A partir de éstas, las regiones irán creciendo iterativamente en función de los píxeles vecinos.
- Optimización de una energía. La segmentación se trata como un problema de minimización de una función de energía. En función del tipo de energía que se utilice, se pueden distinguir dos grupos. En el primer caso, la energía se minimiza deformando o desplazando una curva hasta llegar al borde. En el segundo grupo, la energía se minimiza en función de una asignación óptima de etiquetas para cada píxel de la imagen.

2.1 Estado del arte de la segmentación aplicada a las lesiones pigmentadas

La detección automática de lesiones pigmentadas en la piel con imágenes procedentes de dermatoscopios lleva siendo objeto de estudio desde hace muchos años. De forma que, la literatura que hay sobre este tema es extensa.

Por un lado, se encuentran los algoritmos semi-automáticos, que necesitan cierta interacción entre el usuario y la aplicación para poder realizar la segmentación de la lesión pigmentada. Entre ellos, se encuentra el algoritmo desarrollado en [10], donde hay que definir una semilla en la piel sana y otra en el lunar, el algoritmo usado es el de crecimiento de regiones.

Por el otro lado, se encuentran los sistemas automáticos, donde se analizan las imágenes de forma automática sin que tenga que haber ningún tipo de interacción entre el usuario y la aplicación. Dentro de este grupo existen numerosas publicaciones que buscan la mayor proximidad al borde definido por el especialista y hacen uso de todo tipo de técnicas de segmentación. A continuación, se clasifican los distintos métodos que se han encontrado para la segmentación de imágenes de lesiones pigmentadas:

- En la literatura se han encontrado trabajos que realizan la segmentación mediante umbralización de color o texturas [11, 12], o una umbralización multinivel, como en [13], donde se calculan distintos umbrales óptimos mediante el método de Otsu.
- Existen otros trabajos como el definido en [14], que se basa en vecindarios adaptativos.
- Algunos estudios basan la segmentación de las imágenes en un problema de optimización, como los presentados en [15, 16, 17, 18].
- Otros artículos encontrados [19, 20] enfrentan el problema aplicando FCN (Fully Convolutional Networks).
- Además existen trabajos, como el [21], donde se realizan comparaciones de distintos métodos de segmentación.

Por último, en la literatura se ha encontrado algunos trabajos relacionados con el algoritmo de relajación convexa, utilizado en este TFG [1], y aplicados al ámbito de las imágenes médicas. Por ejemplo, en [22] se aplica a imágenes procedentes de RM y TAC para la segmentación de tumores retroperitoneales. En [23] se utiliza para la correcta segmentación de la carótida en imágenes provenientes de RM. Sin embargo, no se han encontrado trabajos relacionados con las lesiones pigmentadas en la piel.

3 ALGORITMOS IMPLEMENTADOS

El proceso de desarrollo de los métodos planteados ha sido el siguiente:

En la primera fase, Preprocesamiento, se ha desarrollado un tratamiento de imagen común a todas las imágenes. A continuación, se ha realizado el cálculo de las etiquetas que se van a tomar como referencia en la segmentación, donde se tendrá que dividir en función del método en el que se esté trabajando. Todos los pasos quedan explicados detenidamente en la Sección 3.1

En la segunda fase, Segmentación, dependiendo del método seguido, se ha calculado una matriz de costes, que se explicará con más detalle en la Sección 3.2. Seguidamente, se ha realizado la segmentación por relajación convexa.

En la tercera y última fase, Postprocesamiento, se les ha aplicado a todas las imágenes el mismo postprocesamiento, detallado en la Sección 3.3.

En la Figura 3-1 se ilustra un esquema del proceso realizado.

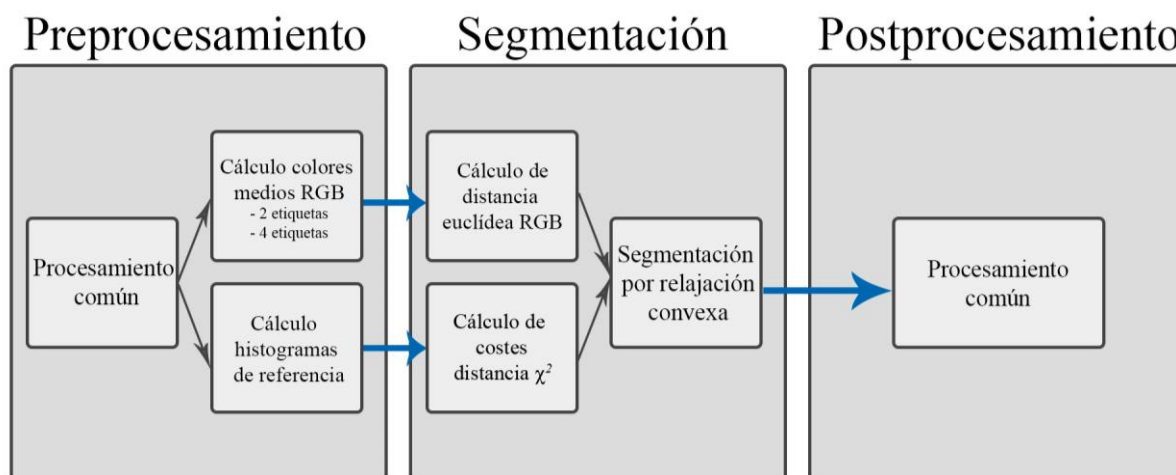


Figura 3-1. Esquema de los algoritmos desarrollados.

3.1 Preprocesamiento de las imágenes

El preprocesamiento de imágenes es el conjunto de operaciones que se le realizan a las imágenes digitales con el objetivo de mejorar la calidad o adecuarlas para una posterior segmentación.

El principal objetivo de esta fase es, por un lado, eliminar una parte de los artefactos y posible ruido que haya en la imagen y, por otro lado, obtener una primera y básica segmentación del lunar para poder diferenciar la lesión pigmentada de la piel y de este modo obtener los colores medios respectivos de la imagen.

A continuación, se describen los pasos realizados. Se ha comenzado con los dos primeros pasos descritos en la página 59 de [24]:

1. En primer lugar, la imagen se ha suavizado con un filtro espacial gaussiano de tamaño 20x20 para así suavizar todos los bordes de la imagen. En la Figura 3-2 se observa el efecto de dicho filtro, eliminando las altas frecuencias de la imagen, es decir, los pequeños detalles y ruido de la imagen.

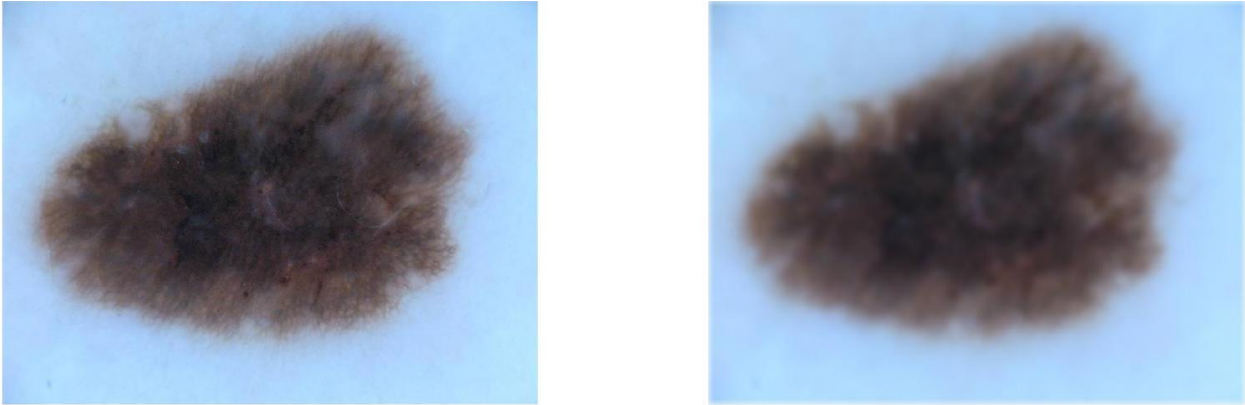


Figura 3-2. Ejemplo de la imagen ISIC_0000000, antes y después de aplicarle el filtro gaussiano.

2. Seguidamente, se ha realizado una umbralización siguiendo el método de Otsu, obteniendo una primera máscara de la piel sana y otra para la lesión pigmentada. En la Figura 3-3 se tiene el resultado de aplicarle Otsu a la imagen filtrada de la Figura 3-2. En la Figura 3-4 se muestra la máscara de la lesión pigmentada, que es la imagen inversa a la máscara de la piel.

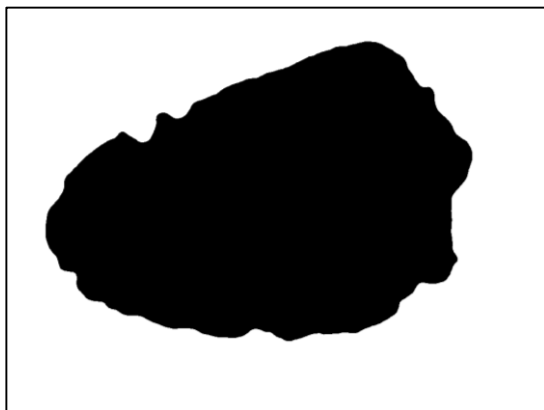


Figura 3-3. Máscara de piel sana.



Figura 3-4. Máscara de lesión pigmentada.

3. En el caso de que, en la máscara del lunar se encuentre más de una región (como puede ser el caso de que haya sombras oscuras en las esquinas de la imagen), se ha realizado un cálculo de los centros de cada región y se selecciona el que tenga la mínima distancia al centro de la imagen, ya que ésta será la correspondiente al lunar. En la Figura 3-5 y Figura 3-6 se muestra las imágenes originales y en la Figura 3-7 y Figura 3-8 se observa el resultado tras seleccionar la región más cercana al centro de la imagen. Como se puede ver, de esta manera se han eliminado falsos positivos. Este paso se añadió al comprobar que había imágenes con sombras en las esquinas, como el caso de la Figura 3-6, que tras la umbralización de Otsu se consideraban dentro del lunar y entonces distorsionaba los cálculos para el color medio del lunar.



Figura 3-5. Imagen ISIC_0000024.jpg.

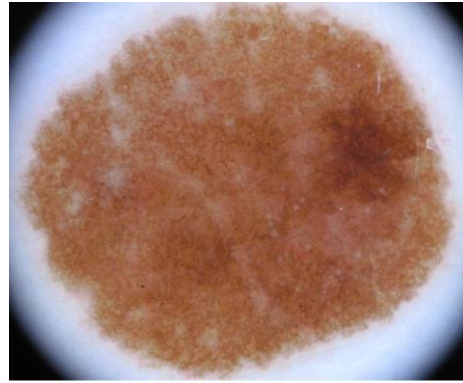


Figura 3-6. Imagen ISIC_0000077.jpg.

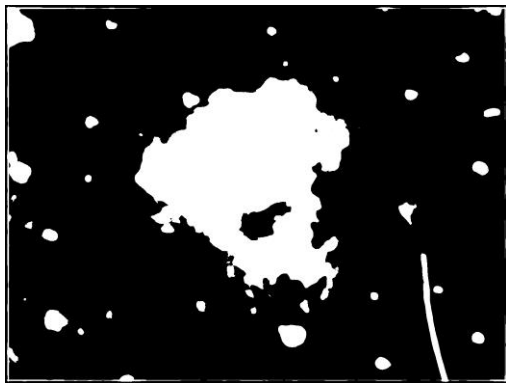


Figura 3-7. Ejemplo de la Imagen ISIC_0000024, antes y después de la selección de regiones en la fase de preprocesamiento.

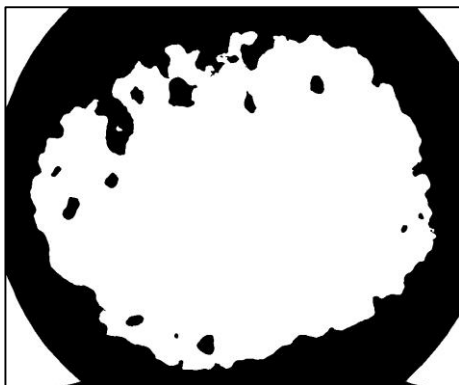


Figura 3-8. Ejemplo de la imagen ISIC_0000075, antes y después de la selección de regiones en la fase de preprocesamiento.

4. Una vez que se ha obtenido la región de la máscara de la lesión pigmentada, se ha aplicado una dilatación de ésta para abarcar un poco más a la hora de obtener los colores medios dentro del lunar. La dilatación es una operación morfológica que consiste en realizar un pequeño aumento de píxeles, dependiendo del tamaño del objeto usado, alrededor de la imagen binaria a la que se aplica. El motivo de este paso es que se ha observado que la umbrilización de Otsu suele dejar gran parte del borde de la lesión fuera de su correspondiente máscara, de esta manera, lo que se ha intentado hacer es abarcar un poco más del lunar y, así, obtener mejores resultados. Se ha realizado el estudio aplicando un disco de distintos tamaños (0, 2, 5, 7, 10 y 15) para buscar cuál será el tamaño idóneo y comprobar cuánto puede llegar a afectar que se agrande un poco más esta región. En la Figura 3-9. se presentan los bordes de las máscaras obtenidas con cada tamaño. Además, en la Figura 3-10 se ha realizado una ampliación de la anterior figura para poder observarlo con mayor detalle. En la Tabla 3-1 se tiene la leyenda de los colores.

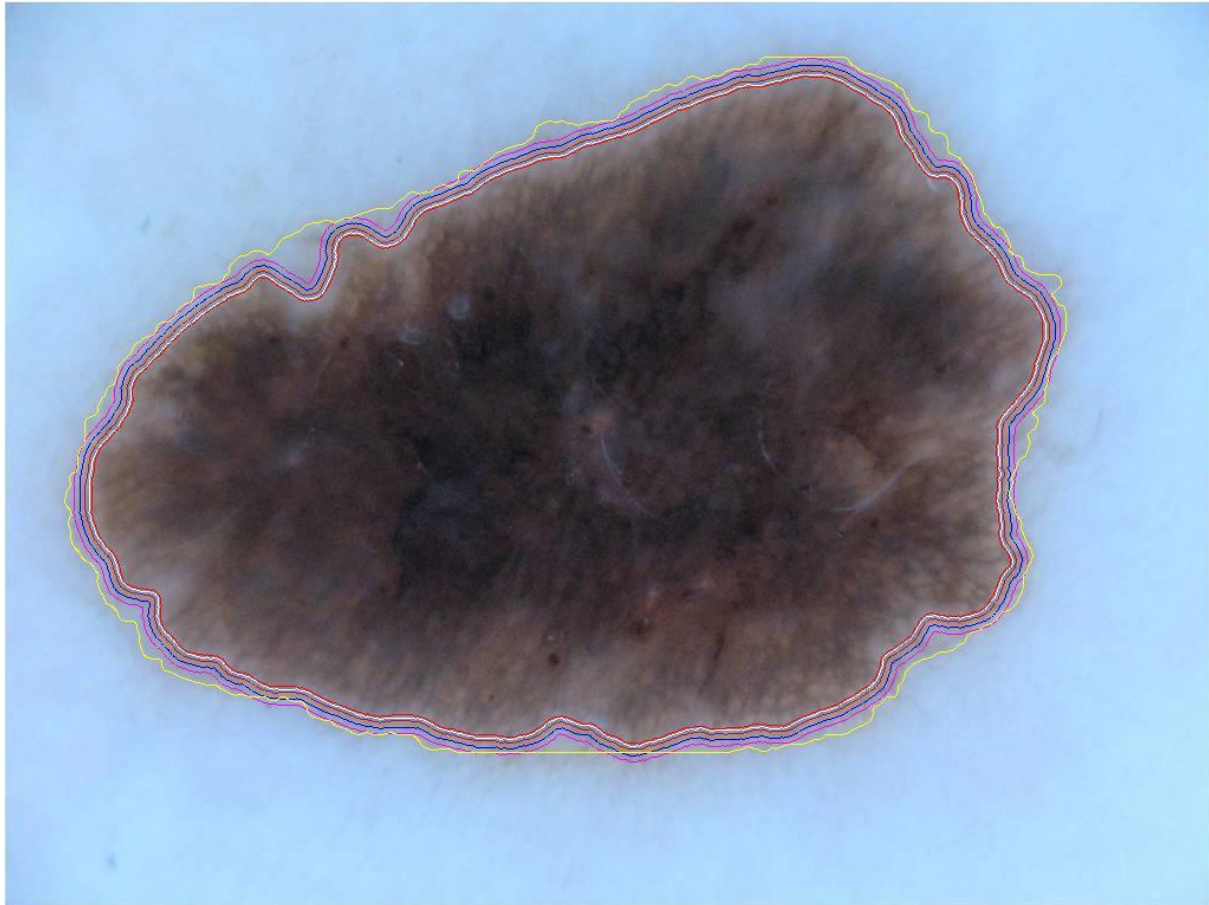


Figura 3-9. Imagen ISIC_0000000 con sus respectivas máscaras y Ground Truth.

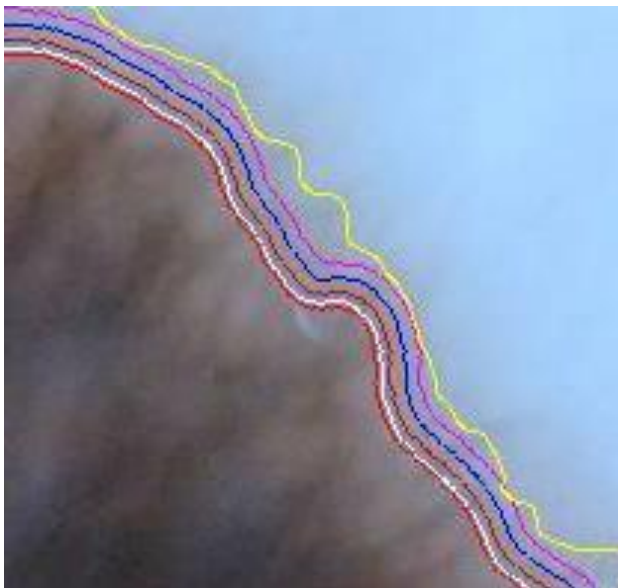


Figura 3-10. Ampliación de la Figura 3-9.

Color	Significado
Rojo	Máscara Otsu
Blanco	Máscara Otsu + Dilatación Disco Tamaño 2
Púrpura	Máscara Otsu + Dilatación Disco Tamaño 5
Naranja	Máscara Otsu + Dilatación Disco Tamaño 7
Azul	Máscara Otsu + Dilatación Disco Tamaño 10
Magenta	Máscara Otsu + Dilatación Disco Tamaño 15
Amarillo	Verdad de referencia

Tabla 3-1. Relación de colores con los bordes representados.

5. La obtención de las etiquetas de referencia, como se ha dicho anteriormente, variará en función del método de segmentación usado:
 - a. Mediante dos etiquetas: en este caso, se ha calculado los colores medios obtenidos con las máscaras obtenidas en los pasos 3 y 4. Es decir, primero se ha calculado la suma de los colores que quedan dentro de la piel sana y se ha dividido ésta por el número de píxeles dentro de esta

región. De igual manera se ha procedido para el color medio dentro de la región del lunar.

- b. Mediante cuatro etiquetas: por un lado, se ha sacado el color medio de la piel sana de la misma manera que en el caso a. Por el otro lado, se han agrupado en una lista los valores de todos los píxeles que están dentro de la región considerada como lesión y se ha calculado tres colores mediante la técnica de agrupamiento *k-means* de MATLAB.
- c. Mediante histogramas: a continuación, se explican detalladamente los pasos seguidos.
 - i. En primer lugar, se ha transformado la imagen al espacio uniforme de color $L^*a^*b^*$.
 - ii. A continuación, se han obtenido distintos centroides de colores con *k-means* para poder realizar también un estudio de las diferencias entre unos y otros. Se han realizado pruebas con 4, 5, 7, 10, 15, 20 y 25 centroides diferentes, para poder determinar cuál sería el número de centroides idóneo.
 - iii. Seguidamente, se han reordenado estos centroides de menor a mayor en función de la componente L. Se realiza este paso con la intención de obtener una imagen nueva en escala de grises con este nuevo mapa de colores, donde la zona de la lesión queda oscura, ya que le corresponden los índices más bajos, mientras que la región de la piel sana se queda clara, por los índices altos. Desde la Figura 3-11 hasta la Figura 3-17 se muestra el ejemplo del resultado para la imagen ISIC_0000000 remapeada con los distintos centroides extraídos.

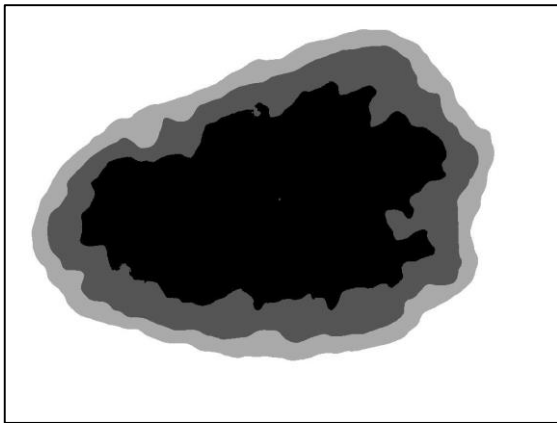


Figura 3-11. Imagen ISIC_00000000 remapeada con 4 centroides.

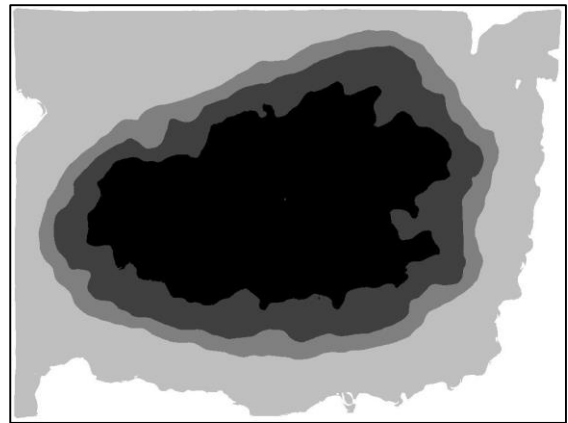


Figura 3-12. Imagen ISIC_00000000 remapeada con 5 centroides.

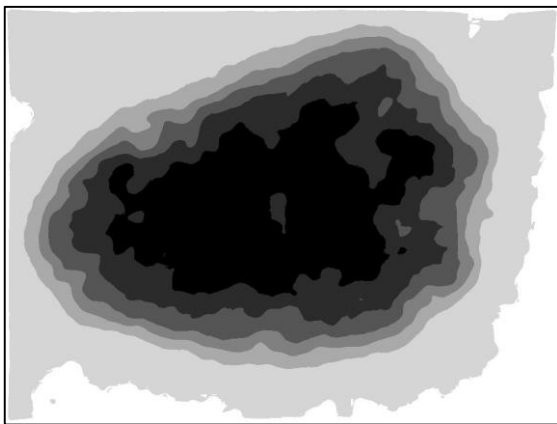


Figura 3-13. Imagen ISIC_00000000 remapeada con 7 centroides.

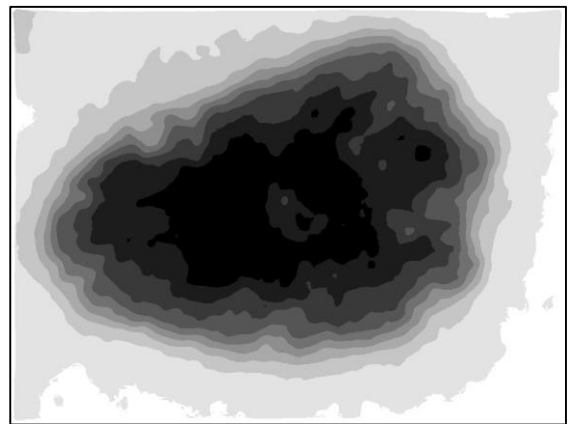


Figura 3-14. Imagen ISIC_00000000 remapeada con 10 centroides.

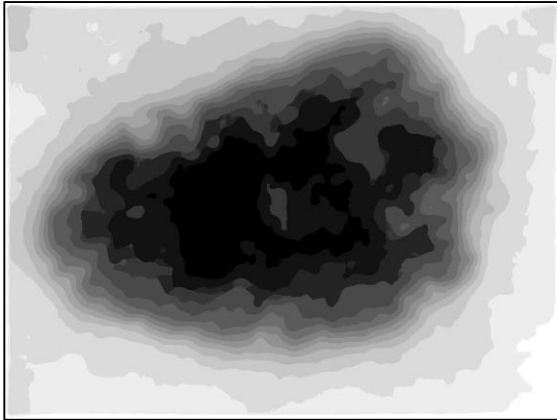


Figura 3-15. Imagen ISIC_00000000 remapeada con 15 centroides.

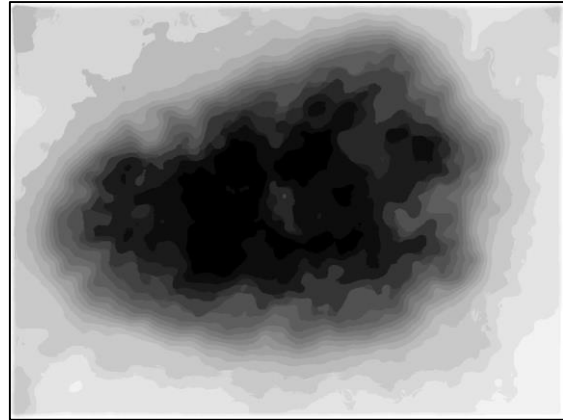


Figura 3-16. Imagen ISIC_00000000 remapeada con 20 centroides.

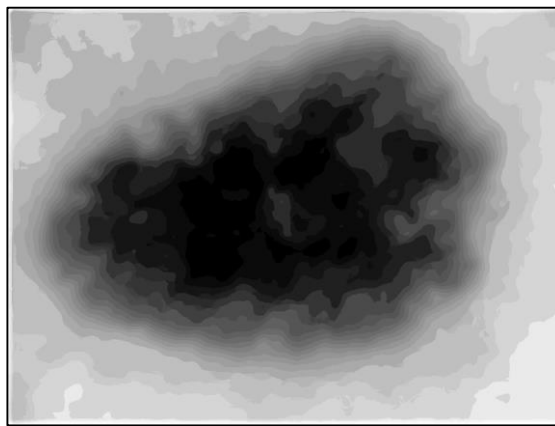


Figura 3-17. Imagen ISIC_00000000 remapeada con 25 centroides.

- iv. A continuación, se ha procedido a la extracción de los histogramas de referencia. Se han planteado otros dos nuevos casos, en el primero se hace uso de cuatro histogramas, de los cuales 3 corresponden a la lesión y el otro a la piel. En el segundo caso, se ha añadido un histograma más a la región de la piel, de forma que resultan un total de cinco histogramas de referencia. El cálculo de los histogramas se ha basado en las máscaras obtenidas en los pasos 3 y 4, de donde se ha seleccionado de forma aleatoria 3 puntos dentro de la máscara de la lesión y 1 ó 2 puntos para la máscara de la piel, según correspondiese. Estos puntos pertenecen a la esquina superior izquierda de una ventana de tamaño 31x31. Para asegurar que siempre se va a elegir bien al menos uno de los histogramas de la lesión, se ha forzado a que uno de ellos sea el correspondiente al del centro de la imagen. Dentro de esta fase, se ha contemplado que la ventana resultante pudiese abarcar parte de la máscara contraria, de esta forma se ha implementado una pequeña función para que desplace este punto hacia el lado contrario, hasta que deje de cubrir dicha máscara.

Como ejemplo de los histogramas seleccionados aleatoriamente para la imagen ISIC_00000000 remapeada con 10 centroides se muestra un ejemplo desde la Figura 3-18 hasta la Figura 3-22, donde en la columna de la izquierda quedan los histogramas de referencia aleatorios de la lesión, mientras que en la columna de la derecha se representan los correspondientes a la piel sana.

El hecho de que la selección de estos histogramas de referencia sea aleatoria, presentará una serie de problemas que se exponen en la Sección 5.7.3.

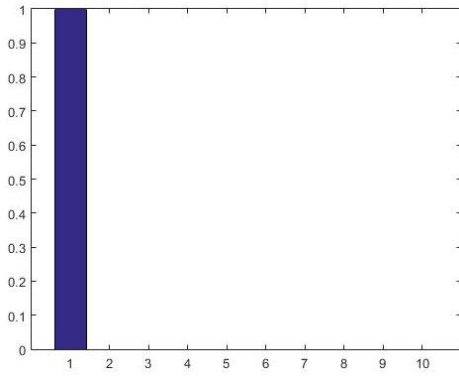


Figura 3-18. Ejemplo histograma de lesión.

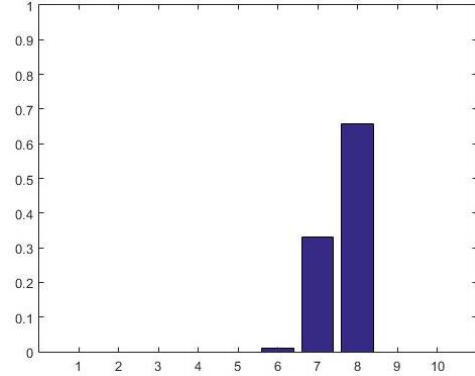


Figura 3-19. Ejemplo histograma de piel.

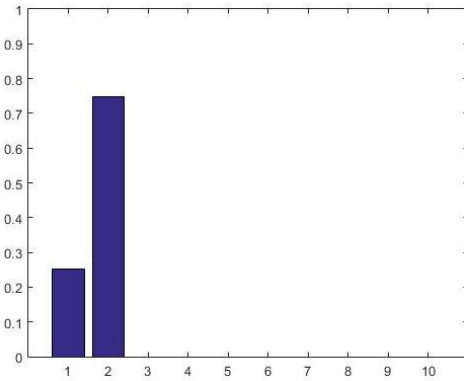


Figura 3-20. Ejemplo histograma de lesión.

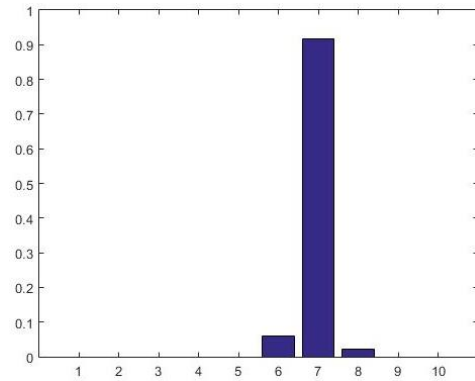


Figura 3-21. Ejemplo histograma de piel.

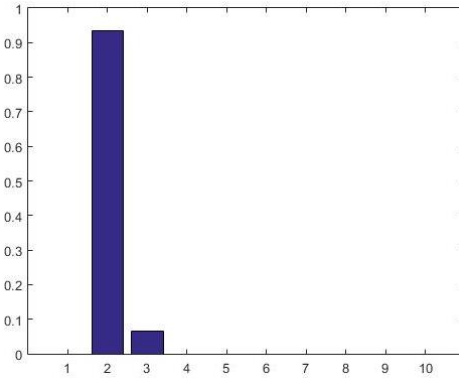


Figura 3-22. Ejemplo histograma de lesión.

3.2 Segmentación de minimización de energía mediante relajación convexa

El problema de partición multifase o multietiquetas consiste en realizar particiones de una imagen en distintas regiones en función de algún criterio de optimización.

El algoritmo de minimización de energía usado en este TFG se basa en el modelo de Potts continuo que se propone en [1], donde plantean por un lado una formulación primaria de este problema y, a continuación, deducen una segunda formulación, la cual denominan formulación dual. Entre estos dos, plantean un modelo intermedio primario-dual.

En esta sección se va a tratar de explicar brevemente la formulación primaria y dual que se plantea en [1], la cual se basa en el método de relajación convexa del modelo de Potts [25, 26], para poder simplificar los cálculos y de esta manera conseguir que el coste computacional sea menor.

El modelo de Potts continuo define que se puede dividir el dominio continuo en subdominios $\{\Omega_i\}_{i=1}^n$ disjuntos

mediante la minimización de

$$\min_{\{\Omega_i\}_{i=1}^n} \sum_{i=1}^n \int_{\Omega_i} f_i(x) dx + \alpha \sum_{i=1}^n |\delta\Omega_i| \quad (3.1)$$

Siendo $\cup_{i=1}^n \Omega_i = \Omega$, $\Omega_k \cap \Omega_1 = 0$, $\forall k \neq 1$ y $|\delta\Omega_i|$ es la longitud de los bordes de los subdominios disjuntos Ω_i , $i = 1, \dots, n$. Las funciones f_i , $i = 1, \dots, n$ en Ω evalúan la asignación de etiquetas a cada partición Ω_i .

Para calcular las particiones óptimas, se definen las funciones características $u_i(x)$, $i = 1, \dots, n$, que estarán relacionadas con los subconjuntos disjuntos Ω_i :

$$u_i(x) = \begin{cases} 1, & x \in \Omega_i \\ 0, & x \notin \Omega_i \end{cases}, i = 1, \dots, n \quad (3.2)$$

Además, las longitudes de los contornos de los subdominios disjuntos quedan definidas por

$$|\delta\Omega_i| = \int_{\Omega} |\nabla u_i| dx \quad (3.3)$$

De manera que, reescribiendo el modelo de Potts (3.1), se obtiene:

$$\min_{u_i(x) \in \{0,1\}} \sum_{i=1}^n \int_{\Omega} u_i(x) f_i(x) dx + \alpha \sum_{i=1}^n \int_{\Omega} |\nabla u_i| dx \quad (3.4)$$

Sabiendo que $\sum_{i=1}^n u_i(x) = 1$, $\forall x \in \Omega$

Según [26], se permite que las funciones $u_i(x)$ tomen valores continuos en el rango de $[0,1]$. Obteniendo de esta manera el modelo de Potts relajado y convexo:

$$\min_{u_i} \sum_{i=1}^n \int_{\Omega} u_i(x) f_i(x) dx + \sum_{i=1}^n \int_{\Omega} |\nabla u_i| dx \alpha \quad (3.5)$$

Sujeto a

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n u_i(x) &= 1, \\ u_i &\geq 0, i = 1, \dots, n \end{aligned} \quad (3.6)$$

De manera que se tiene en (3.5) un problema de optimización, al que se le llamará formulación primaria en [1] y a u_i , $i = 1, \dots, n$ las distintas variables primarias. Además, a este modelo se le puede añadir una función de ponderación, $g(x)$, para añadir información de los bordes. Esta función, tomará valores pequeños donde existan bordes, es decir, donde el gradiente de la imagen sea alto. La versión del modelo primario relajado convexo del modelo quedará:

$$\min_{u_i} \sum_{i=1}^n \int_{\Omega} \{u_i(x) f_i(x) dx + \alpha g(x) |\nabla u_i| \} dx \quad (3.7)$$

Para realizar la conversión del modelo primario al dual, hay que definir una variable dual p y aplicando una integración por partes se obtiene como modelo primario-dual:

$$\min_{u_i} \max_{p_i \in C_\alpha} \sum_{i=1}^n \int_{\Omega} u_i(x) (f_i(x) + \operatorname{div} p_i(x)) dx \quad (3.8)$$

Siendo $p_i, i = 1, \dots, n$ las variables duales.

Recordando las restricciones de (3.6) es fácilmente observable que, dado un vector cualquiera $q = (q_1, \dots, q_n)$, se cumple:

$$\min_{(u_1, \dots, u_n)} \sum_{i=1}^n u_i q_i = \min(q_1, \dots, q_n) \quad (3.9)$$

De tal manera que en el problema de minimización, la variable u_i correspondiente al mínimo q_i tomará el valor 1 y las demás 0. Consecuentemente, si se sustituye esto en (3.8) se llega a la formulación dual del problema:

$$\max_{p_i \in C_\alpha} \int_{\Omega} \{\min(f_1 + \operatorname{div} p_1, \dots, f_n + \operatorname{div} p_n)\} dx \quad (3.10)$$

El desarrollo de esta parte de la segmentación se ha basado en el código extraído del trabajo expuesto en [27].

3.2.1 Método 1: Segmentación con dos etiquetas

Con los dos colores medios, uno correspondiente a la piel sana y el otro al lunar, se ha realizado el cálculo de la matriz de los costes: mínima distancia Euclídea de cada píxel a cada uno de los colores medios.

En un principio, se pretendía realizar el estudio con tan solo dos etiquetas. Sin embargo, al observar los malos resultados obtenidos y que se muestran en el Capítulo 5, se decidió realizar la segmentación de cuatro etiquetas, ya que dentro de la región de la lesión pigmentada por lo menos se pueden observar tres colores distintos.

3.2.2 Método 2: Segmentación con cuatro etiquetas

Con los cuatro colores medios que han sido calculados, uno de la piel sana y otros tres dentro de la lesión pigmentada, se ha realizado el cálculo de la matriz de los costes: mínima distancia Euclídea de cada píxel a dichos colores medios.

3.2.3 Método 3: Histogramas

En este caso, el método varía debido a la naturaleza de los datos que se tienen. Se recuerda que, por una parte, se tiene una imagen mapeada con los índices correspondientes a los centroides de los colores. Por otra parte, se tiene también los histogramas normalizados que se van a usar como referencia.

1. En primer lugar, se ha recorrido la imagen píxel a píxel con el objetivo de extraer una ventana de tamaño 31x31 píxeles. En la Figura 3-23 se puede apreciar la ventana extraída para la imagen ISIC_0000000. Mientras que Figura 3-25 se puede ver la misma ventana de la imagen ISIC_0000000 remapeada con 10 centroides.



Figura 3-23. Ventana 31x31 de la imagen original.



Figura 3-25. Ventana 31x31 de la imagen remapeada.

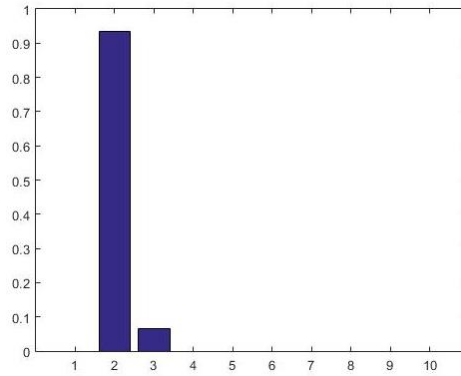


Figura 3-24. Histograma normalizado de la ventana 31x31 remapeada.

1. A continuación, se ha calculado el histograma normalizado de dicha ventana. En la Figura 3-24 se muestra el histograma normalizado de la ventana de la Figura 3-25.
2. Por último, se ha obtenido la mínima distancia χ^2 (chi-square) entre dicho histograma y los histogramas de referencia.

Con estos pasos se obtiene una matriz con los costes de cada píxel a cada uno de los histogramas de referencia.

3.3 Postprocesamiento de las imágenes

Como última fase, se han realizado unas tareas para adecuar los resultados obtenidos en la fase de segmentación.

1. La imagen devuelta por el algoritmo de minimización de energía por relajación convexa es una imagen con las distintas etiquetas asignadas. En el caso de los colores medios, el algoritmo devuelve una imagen con los colores asignados y en la situación de los histogramas, éste devuelve una imagen con los índices correspondientes al histograma de referencia más cercano. De tal manera, que se debe distinguir entre las etiquetas que se corresponden con la piel sana de las que equivalen a la lesión pigmentada. En la Figura 3-26 se muestra la imagen resultado del algoritmo de minimización de energía por relajación convexa para la segmentación mediante cuatro etiquetas de colores medios. En la Figura 3-27 se muestra la imagen resultante del algoritmo para el caso de segmentación de mediante histogramas de referencia, donde se han usado 5 histogramas de referencia y la imagen ha sido remapeada con 4 centroides.

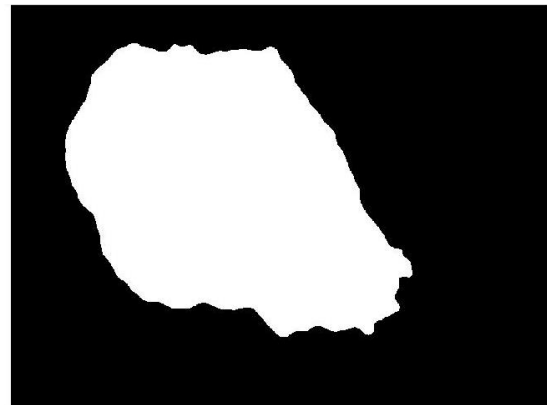
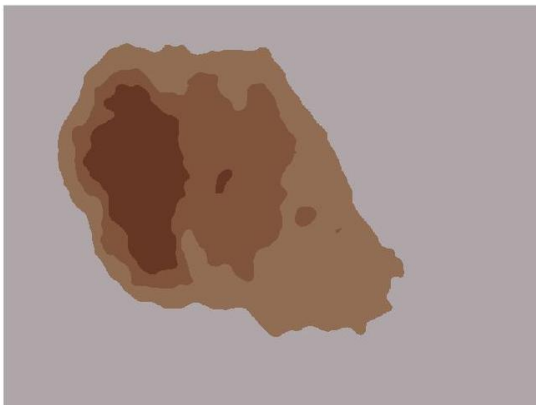


Figura 3-26. Ejemplo de la imagen ISIC_0000009, resultado del algoritmo (cuatro etiquetas) y su correspondiente conversión a máscara binaria.

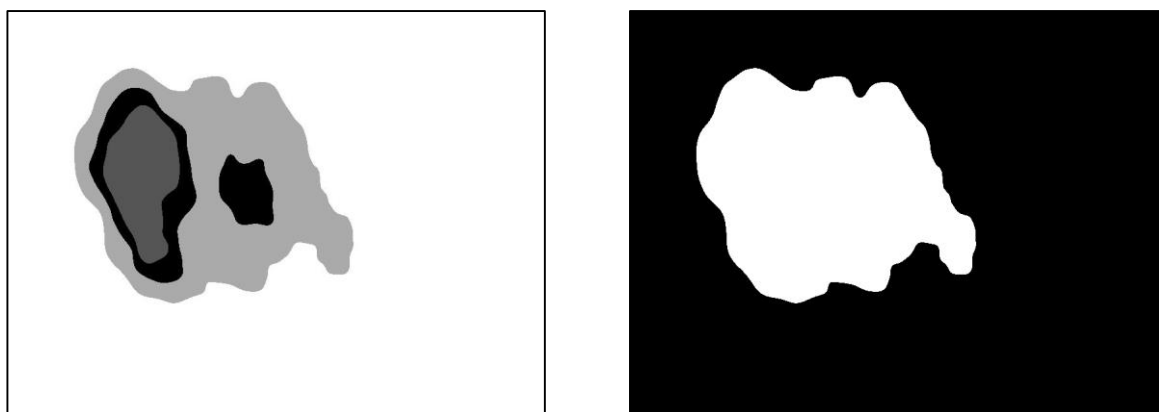


Figura 3-27. Ejemplo de la imagen ISIC_0000009, resultado del algoritmo (histogramas) y su correspondiente conversión a máscara binaria.

2. A continuación, al igual que en el preprocesamiento, se ha seleccionado la región cuyo centroide tenga la mínima distancia al centro de la imagen, ya que se vuelve a dar el caso de que la segmentación pueda detectar como lesión regiones en las esquinas sombreadas o artefactos de la imagen.

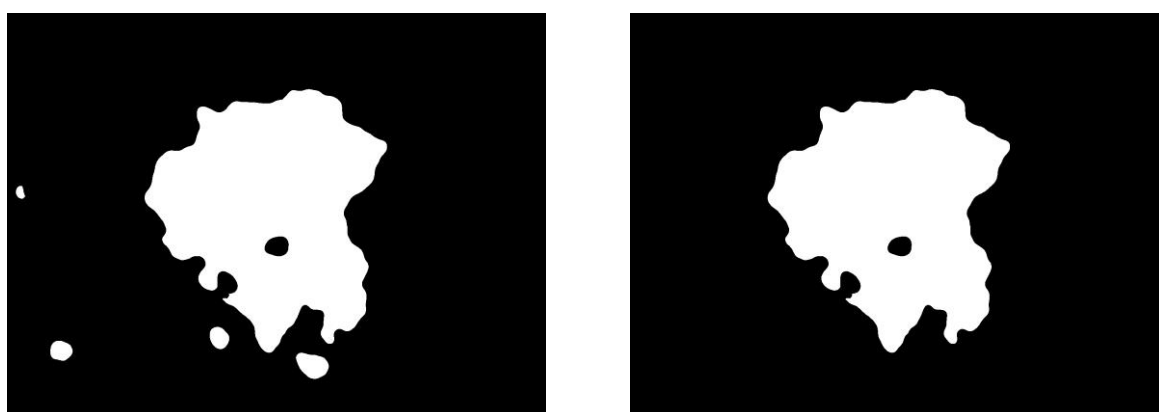


Figura 3-28. Ejemplo de la imagen ISIC_0000024, antes y después de la selección de regiones en la fase de postprocesamiento.



Figura 3-29. Ejemplo de la imagen ISIC_0000075, antes y después de la selección de regiones en la fase de postprocesamiento.

3. Por último, debido a la naturaleza del algoritmo de minimización de energías mediante relajación convexa de seleccionar los mínimos globales, en algunos casos se suelen formar máscaras con huecos

dentro de lo que se considera el lunar. De manera que, para poner solución a este problema, se ha detectado aquellas máscaras que tuviesen huecos y se han rellenado con la función *imfill* de MATLAB. En la Figura 3-30 y Figura 3-31 se puede ver dos claros ejemplos de este problema. En la Sección 5.7.2 se comentan los resultados obtenidos de las medidas conseguidas para estos dos casos.

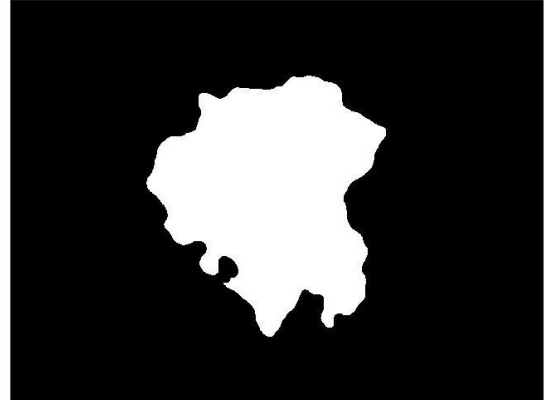
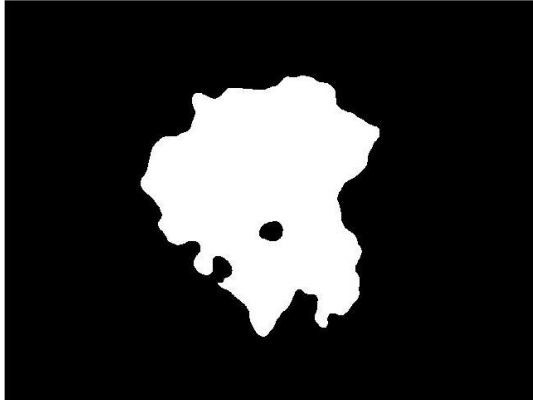


Figura 3-30. Ejemplo de la imagen ISIC_0000024, antes y después de aplicar el relleno de la máscara.

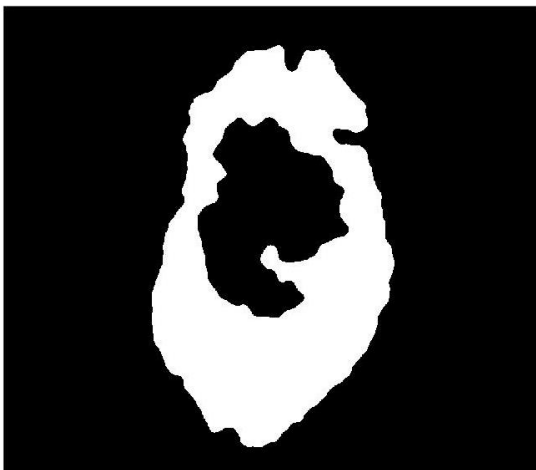


Figura 3-31. Ejemplo de la imagen ISIC_0000509, antes y después de aplicar el relleno de la máscara.

4 MATERIAL Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

Este Trabajo de Fin de Grado surge tras la idea de intentar participar en el Challenge lanzado por el IEEE International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI) de 2017, “Challenge on Skin Lesion Analysis Towards Melanoma Detection”².

El objetivo principal del desafío es animar a los participantes del congreso a desarrollar herramientas automáticas para el análisis de imágenes procedentes de dermatoscopios para la detección del melanoma. El análisis de las imágenes se puede dividir en 3 partes diferentes:

- Parte 1: Segmentación de la lesión
- Parte 2: Detección y localización de las características o patrones visuales dermatoscópicos.
- Parte 3: Clasificación de la enfermedad

Por la complejidad del desafío y por falta de tiempo, este trabajo se centraría tan solo en la primera parte, segmentación automática de imágenes procedentes de un dermatoscopio.

4.1 Segmentación de la lesión

4.1.1 Training data

El desafío provee a los participantes de unas 2000 imágenes para el entrenamiento (training data). Tienen un formato JPEG y cuyos nombres siguen el siguiente esquema: ISIC_<image_id>.jpg, donde <image_id> es un identificador único de 7 dígitos. Además, cada imagen tiene un tamaño distinto. Para la realización de este trabajo, como ejemplo se han elegido de manera aleatoria 30 imágenes dentro de las 2000 proporcionadas por este organismo. En el Anexo I se muestran las imágenes seleccionadas junto con su nombre correspondiente.

4.1.2 Ground Truth

Las imágenes vienen acompañadas por sus imágenes de referencia (ground truth). Tienen un formato PNG, cuyos nombres siguen el siguiente esquema: ISIC_<image_id>_Segmentation.png, donde <image_id> se corresponde con la imagen de entrenamiento. Éstas son máscaras binarias, donde los píxeles con el valor 255 representan que forman parte de la lesión mientras que los que tengan el valor 0 es que están fuera de la lesión.

Estas máscaras están creadas por un experto clínico, utilizando un proceso semiautomático o manual.

En la tabla del Anexo I, en la tercera columna se puede ver las imágenes de referencia de las que han sido seleccionadas para la realización de este trabajo.

² Para más información consultar la página web del desafío:

https://challenge.kitware.com/#challenge/n/ISIC_2017%3A_Skin_Lesion_Analysis_Towards_Melanoma_Detection

4.1.3 Métodos de Evaluación

Para la evaluación y clasificación del desafío se utilizarán medidas relacionadas con la curva ROC (Receiver Operating Characteristic), como por ejemplo el área bajo la curva (AUC), utilizada comúnmente en el ámbito sanitario. También se compararán con otras métricas comunes de clasificación, como la Sensibilidad (sensitivity), Especificidad (specificity), Exactitud (accuracy), índice de Jaccard y el coeficiente Dice.

Sin embargo, para la realización de este TFG, se ha dividido la evaluación en dos partes, en una primera parte, se ha evaluado la región segmentada, por otra parte, el contorno, y como evaluación orientativa, el tiempo de ejecución del algoritmo.

Para la correcta realización de estos cálculos, previamente se han debido de calcular las siguientes variables:

- VP (Verdadero Positivo): El algoritmo determina que el píxel pertenece a la lesión y la verdad de referencia también coincide.
- FP (Falso Positivo): El algoritmo determina que el píxel pertenece a la lesión, sin embargo, la verdad de referencia no lo determina.
- VN (Verdadero Negativo): El algoritmo determina que el píxel no pertenece a la lesión y la verdad de referencia coincide.
- FN (Falso Negativo): El algoritmo determina que el píxel no pertenece a la lesión, sin embargo, la verdad de referencia sí lo determina.

En la Figura 4-1 se puede observar un pequeño esquema para clarificar estas variables:

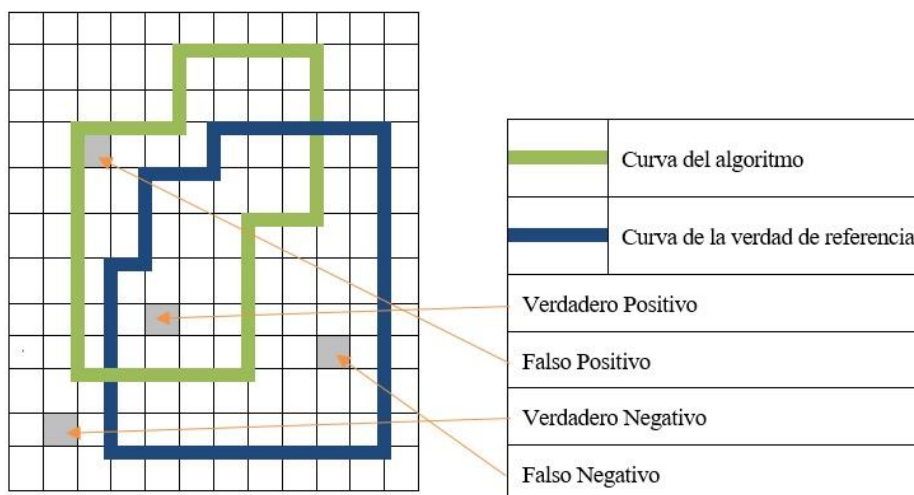


Figura 4-1. Esquema de las variables VP, FP, VN y FN.

La imagen del algoritmo será la imagen resultado de cada una de las modalidades de los algoritmos implementados y la imagen de verdad de referencia será la imagen Ground Truth correspondiente, que se muestran en el Anexo I.

4.1.3.1 Evaluación de la región segmentada

Para realizar la evaluación de la región segmentada, se han utilizado los parámetros de la Sensibilidad [28, 29], la Especificidad [28], la Exactitud, el índice de Jaccard [30], el coeficiente Dice [31], el PPV [28] y la Conformidad [29].

Para evaluar dichas medidas, y establecer la calidad de los resultados obtenidos se van a definir los siguientes intervalos como restricciones:

Intervalos	Calidad
[0 – 0.65)	Baja
[0.65 – 0.90)	Buena
[0.90 – 1]	Alta

Tabla 4-1. Restricciones de calidad para las medidas de región.

4.1.3.1.1 Sensibilidad

Se define como Sensibilidad [28] la capacidad que tendrá el algoritmo o aplicación para clasificar correctamente los píxeles que contienen lesión. Este parámetro tomará su valor máximo, 1, cuando no haya zonas de falsos negativos, es decir, todos los píxeles habrán sido correctamente clasificados. Tomará valores cercanos a su valor mínimo, 0, cuando existan zonas con muchos falsos negativos, es decir, habrá muchos píxeles que están marcados como lesión en la imagen de verdad de referencia, pero no han sido correctamente clasificados.

$$Sensibilidad = \frac{VP}{VP + FN} \quad (4.1)$$

La Sensibilidad η_{sbl} , definida en [29] mide la cantidad de píxeles que se clasifican como lesión y que están fuera de la imagen de verdad de referencia. Este parámetro tendrá su valor máximo, 1, cuando el algoritmo no proporcione falsos positivos, es decir, cuando no se haya clasificado ningún píxel fuera de la región lesionada en la verdad de referencia

$$Sensibilidad \eta_{sbl} = 1 - \frac{FP}{VP + FN} \quad (4.2)$$

4.1.3.1.2 Especificidad

Se define la Especificidad [28] como la capacidad que tendrá el algoritmo para detectar correctamente los píxeles que no están marcados como lesión. Este parámetro tendrá un valor cercano a su máximo, 1, cuando los falsos positivos sean nulos.

$$Especificidad = \frac{VN}{VN + FP} \quad (4.3)$$

4.1.3.1.3 Exactitud

El parámetro Exactitud, Accuracy en inglés, mide la proporción de píxeles etiquetados correctamente como lesión por el algoritmo entre el total de píxeles de la imagen.

$$Exactitud = \frac{VP + VN}{VP + VN + FP + FN} \quad (4.4)$$

4.1.3.1.4 Índice de Jaccard

El índice de Jaccard [30] sirve para realizar una comparación de la similitud entre la imagen de verdad de referencia y la devuelta por el algoritmo. Este parámetro obtendrá su valor máximo, 1, cuando la región lesionada en ambos casos sea la misma. En caso de no haber coincidencia, su valor será mínimo, 0.

$$Jaccard = \frac{VP}{VP + FP + FN} \quad (4.5)$$

4.1.3.1.5 Coeficiente Dice

El coeficiente Dice [31] también mide la similitud entre la imagen de verdad de referencia y la devuelta por el

algoritmo. Este parámetro tomará valor máximo, 1, cuando el doble de la región de los píxeles correctamente etiquetados sea igual a la suma de cada región por separado. Si las dos regiones no tienen ningún píxel en común, el parámetro alcanzará su valor mínimo, 0.

$$Dice = \frac{2VP}{2VP + FP + FN} \quad (4.6)$$

4.1.3.1.6 PPV

El parámetro PPV (Positive Predictive Value) [28] permite valorar la eficiencia real del algoritmo, es decir, calcula la probabilidad de etiquetar los píxeles como lesionados si en el resultado de la verdad de referencia también los son. Obtendrá el valor máximo, 1, cuando no existan zonas con falsos positivos. Tomará valores cercanos al mínimo, 0, cuando existas más zonas de falsos positivos que verdaderos positivos.

$$PPV = \frac{VP}{VP + FP} \quad (4.7)$$

4.1.3.1.7 Conformidad

El parámetro Conformidad, definido en [29], medirá el número de píxeles clasificados incorrectamente respecto al número de píxeles segmentados correctamente. Matemáticamente, el parámetro puede llegar a ser un número negativo e infinito si VP tiene el valor 0, en tal caso se tomará como Fallo. Esta situación se produciría en caso de que la segmentación entre el algoritmo y la verdad de referencia fuesen totalmente diferentes y no coincidan ni en un único píxel. El parámetro alcanzará su valor máximo, 1, cuando el algoritmo segmente de manera correcta.

$$Conformidad = \begin{cases} 1 - \frac{FP + FN}{VP} , & \text{si } VP > 0 \\ \text{Fallo}, & \text{si } VP = 0 \end{cases} \quad (4.8)$$

4.1.3.2 Evaluación de contorno

Para la correcta evaluación de contornos, visto desde el punto de vista de la proximidad del contorno de la verdad de referencia respecto al contorno de la imagen devuelta por el algoritmo, se ha utilizado los parámetros MDCP [32] y la distancia de Hausdorff [32]. Ambas medidas son dependientes de la resolución de la imagen.

Debido a que las dimensiones de las imágenes son completamente diferentes, se ha procedido a agruparlas por tamaños parecidos para poder evaluar las medidas de evaluación de contorno, las definidas en la Sección 4.1.3.2. En la Tabla 4-2 se muestra la relación de nombres de las imágenes y sus dimensiones correspondientes expresada en número de píxeles. Mientras que en la Tabla 4-3 se muestra la agrupación de dichas imágenes en función de sus dimensiones. Para facilitar el hecho de reflejar los resultados obtenidos de ambos parámetros se hará referencia a estos grupos formados.

Nombre	Dimensiones	Grupo	Nombre	Dimensiones	Promedio	10%	5%
ISIC_0000000	1022x767	1	ISIC_0002438	247x233	313x232	31x23	16x12
ISIC_0000001	1022x767		ISIC_0007475	379x232			
ISIC_0000006	798x643	2	ISIC_0000329	641x497	591x468	59x47	30x23
ISIC_0000008	1022x767		ISIC_0000330	578x434			
ISIC_0000009	833x628		ISIC_0000336	555x474			

ISIC_0000010	703x615
ISIC_0000012	875x602
ISIC_0000024	1504x1129
ISIC_0000026	1504x1129
ISIC_0000029	1504x1129
ISIC_0000075	919x764
ISIC_0000077	1012x1052
ISIC_0000080	2592x1944
ISIC_0000204	1456x1018
ISIC_0000214	958x642
ISIC_0000329	641x497
ISIC_0000330	578x434
ISIC_0000336	555x474
ISIC_0000386	3072x2304
ISIC_0000482	919x802
ISIC_0000484	919x802
ISIC_0000488	919x802
ISIC_0000509	919x802
ISIC_0000511	919x802
ISIC_0002438	247x233
ISIC_0002439	779x648
ISIC_0002476	752x597
ISIC_0007475	379x232
ISIC_0011101	1024x768
ISIC_0011300	1024x768

Tabla 4-2. Relación de imágenes con sus respectivas dimensiones.

	ISIC_0000010	703x615			
3	ISIC_0002439	779x648	775x620	77x62	37x31
	ISIC_0002476	752x597			
	ISIC_0000006	798x643			
4	ISIC_0000009	833x628	835x624	83x62	42x31
	ISIC_0000012	875x602			
	ISIC_0000075	919x764			
	ISIC_0000214	958x642			
	ISIC_0000482	919x802			
5	ISIC_0000484	919x802	925x774	92x77	46x39
	ISIC_0000488	919x802			
	ISIC_0000509	919x802			
	ISIC_0000511	919x802			
	ISIC_0000000	1022x767			
	ISIC_0000001	1022x767			
6	ISIC_0000008	1022x767	1021x815	102x82	51x41
	ISIC_0000077	1012x1052			
	ISIC_0011101	1024x768			
	ISIC_0011300	1024x768			
	ISIC_0000024	1504x1129			
7	ISIC_0000026	1504x1129	1492x1101	149x110	75x55
	ISIC_0000029	1504x1129			
	ISIC_0000204	1456x1018			
	ISIC_0000080	2592x1944			
8	ISIC_0000386	3072x2304	2832x2124	283x212	142x106

Tabla 4-3. Relación de imágenes agrupadas por dimensiones.

4.1.3.2.1 MDCP

El parámetro MDCP (Mean Distance to the Closest Point) [32] calcula la distancia media al punto más cercano entre dos conjuntos (DCP, Distance to the Closest Point). De tal manera que, si se tienen dos conjuntos:

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_M\}$$

$$R = \{r_1, r_2, \dots, r_N\}$$

Siendo M y N el número total de elementos de los conjuntos A y R respectivamente. La DCP se define como

$$DCP(a_i, R) = \min(\|a_i - r_j\|), \quad i = 1, \dots, M, j = 1, \dots, N \quad (4.9)$$

Siendo $\|\cdot\|$ la distancia Euclídea calculada para los puntos a_i, r_j .

Para finalizar, la MDCP se define como

$$MDCP(A, R) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M DCP(a_i, R) \quad (4.10)$$

Cuanto más pequeño sea este parámetro, significará que, los conjuntos serán más similares. Como se tienen imágenes de tamaños distintos, se establecerá como mínimo para cada grupo establecido el 5% del tamaño promedio, tal y como se puede ver en la Tabla 4-4.

4.1.3.2.2 Distancia Hausdorff

La distancia de Hausdorff [32] se utiliza para medir la distancia máxima entre dos contornos

$$Distancia\ Hausdorff(A, R) = \max\{h(A, R), h(R, A)\} \quad (4.11)$$

Siendo

$$\begin{aligned} h(A, R) &= \max_{A_i \in A} \left\{ \min_{R_j \in R} \{d(A_i, R_j)\} \right\} \\ h(R, A) &= \max_{R_j \in R} \left\{ \min_{A_i \in A} \{d(R_j, A_i)\} \right\} \end{aligned} \quad (4.12)$$

denotando d como la distancia. Para el caso de las imágenes estudiadas, se va a establecer los máximos que se consideren aceptables para cada uno de los grupos, como el 10% de los tamaños promedio para cada grupo.

Grupo	MDCP (valor mínimo)	Distancia Hausdorff (valor máximo)
1	16	31
2	30	60
3	37	74
4	42	83
5	46	92
6	51	102
7	75	149
8	142	283

Tabla 4-4. Restricciones de calidad para MDCP y distancia Hausdorff respectivamente.

4.1.3.3 Evaluación del tiempo

Esta medida se toma como algo orientativo, simplemente para reflejar el coste computacional que hay entre un algoritmo frente al otro. Este valor está medido en segundos.

5 RESULTADOS

Los resultados de las medidas que se han obtenido de todos los análisis que se han realizado se presentan acorde a la siguiente estructura:

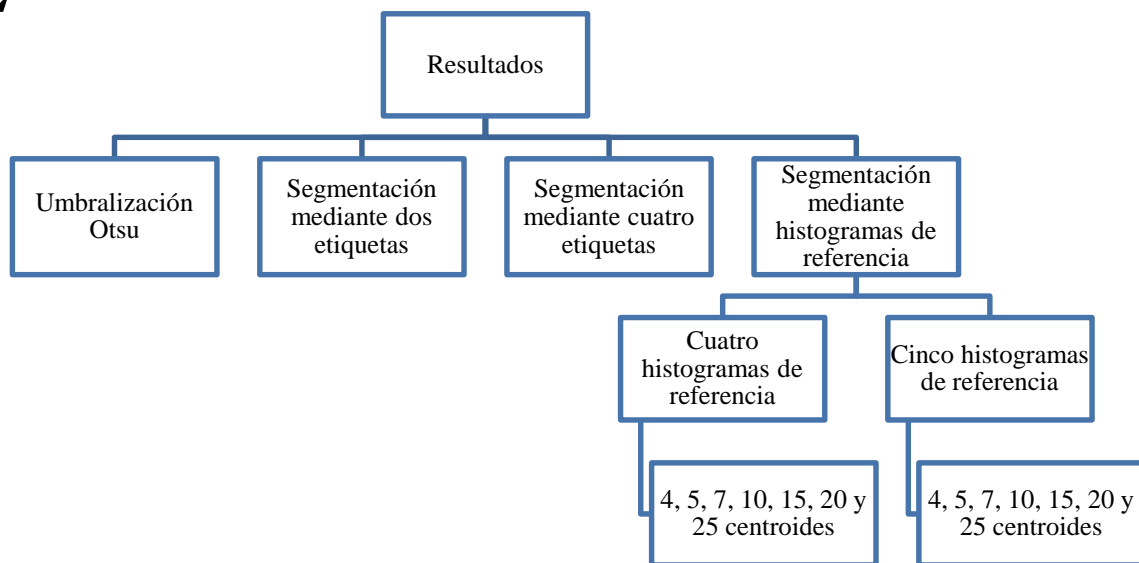


Figura 5-1. Esquema de la presentación de Resultados.

En cada tabla de resultados de las medidas de evaluación de regiones, definidas en la Sección 4.1.3.1, se muestra el promedio de los valores obtenidos para cada imagen. Se van a evaluar estos resultados en función de las restricciones establecidas en la Tabla 4-1 de la Sección 4.1.3.1. Mientras que, en la tabla de resultados de las medidas de contorno, definidas en la Sección 4.1.3.2, se presentan los valores medios para cada grupo de imágenes, evaluándolos en función de las restricciones de la Tabla 4-4 de la Sección 4.1.3.2.

Además, se va a mostrar cada una de las tablas para los valores obtenidos en cada tamaño de disco de dilatación.

En la Sección 5.7.1 se realizan los comentarios comunes a todas las tablas y, también, se explica la razón por la que se muestra una segunda columna para la medida de Conformidad. Mientras que, en cada sección de resultados, desde la Sección 5.1 hasta la Sección 5.6, se harán los comentarios oportunos respecto a algún dato en concreto.

5.1 Resultados obtenidos para el tamaño 0 de disco de dilatación

		SENSIBILIDAD	SENSIBILIDAD η_{shl}	ESPECIFICIDAD	EXACTITUD	ÍNDICE DE JACCARD	COEF. DICE	PPV	CONFORMIDAD	TIEMPO		
OTSU		0,6814	0,9381	0,9748	0,8618	0,6572	0,7559	0,9734	-412,110	0,7396	0,0578	
2 ETIQ.		0,7343	0,9738	0,9861	0,8815	0,7196	0,8116	0,9818	-2,3708	0,7477	27,4772	
4 ETIQ.		0,8249	0,9252	0,9735	0,9036	0,7868	0,8578	0,9599	-6,9785	0,7724	92,9405	
HISTOGRAMAS	4 HIST DE REF	4	0,8889	0,8114	0,9405	0,9089	0,7884	0,8709	0,8957	0,6522	0,7602	78,0751
		5	0,8681	0,6966	0,9074	0,8821	0,7363	0,8330	0,8635	0,5022	0,6663	163,1850
		7	0,7859	0,5863	0,8822	0,8382	0,6894	0,7670	0,8482	2184,147	0,7871	171,9746
		10	0,8937	0,1395	0,7930	0,7983	0,6472	0,7507	0,7371	-0,0697	0,7151	278,2294
		15	0,8248	0,9252	0,9735	0,9036	0,7866	0,8577	0,9599	-6,9789	0,7720	102,3389
		20	0,9074	0,1057	0,7552	0,7896	0,6213	0,7433	0,7027	-0,0360	0,5863	569,9835
		25	0,8427	0,3730	0,8232	0,8092	0,6546	0,7639	0,7885	0,0365	0,6494	446,4478
	5 HIST DE REF	4	0,7921	0,7081	0,9536	0,8797	0,7136	0,8089	0,9198	0,3008	0,7713	121,4381
		5	0,8625	0,8211	0,9283	0,8995	0,7649	0,8539	0,8989	0,5986	0,7600	146,6661
		7	0,8624	0,7391	0,9183	0,8832	0,7290	0,8288	0,8601	0,5092	0,6655	226,9313
		10	0,8462	0,7978	0,9266	0,8869	0,7367	0,8236	0,8859	-6,0773	0,6973	276,8888
		15	0,8781	0,7512	0,9127	0,8870	0,7537	0,8453	0,8699	0,5499	0,7409	404,2620
		20	0,8666	0,4506	0,8044	0,8108	0,6664	0,7694	0,7601	2184,815	0,6693	522,2892
		25	0,8280	0,8051	0,9115	0,8733	0,7270	0,8203	0,8917	-6,0444	0,6810	459,3216

Tabla 5-1. Resultados obtenidos para la evaluación de regiones sin aplicar dilatación.

		MDCP								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
OTSU		18,86	22,43	23,13	14,56	46,98	62,45	97,09	221,25	
2 ETIQUETAS		20,20	20,91	14,64	11,04	33,57	57,88	82,29	28,31	
4 ETIQUETAS		15,16	13,85	11,18	7,09	23,40	48,75	62,69	17,79	
HISTOGRAMAS	4 HIST DE REF	4	10,61	29,48	14,31	23,10	15,85	50,01	42,90	14,51
		5	15,21	18,82	26,97	10,04	20,48	54,38	59,56	334,28
		7	10,91	23,47	19,52	9,71	27,41	94,01	94,05	13,78
		10	17,04	28,48	26,76	51,98	19,37	107,01	68,69	460,03
		15	15,20	13,89	11,31	7,10	23,47	48,76	62,69	17,62
		20	14,10	27,14	33,67	86,75	41,82	118,77	99,73	137,27
		25	14,10	23,77	44,00	13,81	27,22	129,06	67,13	9,86
	5 HIST DE REF	4	15,91	20,94	29,47	57,94	21,17	63,42	88,71	14,54
		5	12,54	23,66	28,62	9,84	17,00	57,22	85,27	10,94
		7	6,95	30,39	26,58	15,08	27,98	50,70	79,59	188,47
		10	10,58	26,54	18,25	5,93	29,98	53,57	83,93	91,31
		15	12,51	16,25	29,05	35,10	17,33	55,25	68,21	39,52
		20	9,86	37,06	24,34	15,49	9393,44	67,45	80,12	297,20
		25	12,13	23,24	15,09	18,51	41,28	67,33	61,40	40,24

Tabla 5-2. Resultados obtenidos para la evaluación de MDCP sin aplicar dilatación.

		DISTANCIA HAUSDORFF							
		1	2	3	4	5	6	7	8
OTSU		35,05	72,23	53,86	45,06	188,86	147,38	218,67	447,54
2 ETIQUETAS		38,05	70,87	38,97	27,10	162,10	146,03	205,48	78,79
4 ETIQUETAS		31,54	72,22	28,42	22,25	142,18	132,52	183,55	63,99
HISTOGRAMAS	4 HIST DE REF	4	26,87	148,38	46,50	57,65	80,53	131,08	156,23
	5	30,72	73,55	65,40	23,88	73,33	212,22	184,25	816,91
	7	27,74	106,91	64,40	31,29	107,72	224,24	233,09	65,63
	10	34,61	144,27	82,63	163,98	92,72	268,92	200,61	1017,16
	15	31,74	72,22	28,60	22,25	143,77	132,52	183,55	64,14
	20	37,62	124,47	97,08	294,80	132,90	340,97	292,23	446,30
	25	32,60	139,15	107,89	35,55	119,61	334,02	201,39	61,92
	5 HIST DE REF	4	33,44	76,90	65,12	145,76	76,38	142,85	212,28
	5	28,01	113,61	62,60	23,73	86,51	172,32	203,25	53,69
	7	22,62	117,64	82,99	57,86	103,37	120,63	237,63	390,23
	10	25,82	118,88	56,86	16,90	158,26	164,72	208,58	327,23
	15	26,30	80,47	73,54	103,44	61,70	177,01	197,53	153,41
	20	24,51	168,31	83,12	47,83	98,88	230,04	264,01	777,81
	25	32,60	90,64	45,67	57,92	184,30	162,47	201,60	108,22

Tabla 5-3. Resultados obtenidos para la evaluación de Distancia de Hausdorff sin aplicar dilatación.

A parte de lo que se comenta en la Sección 5.7.1, de la Tabla 5-1, se puede apreciar el hecho de que en la segunda columna de la Conformidad, se sigue obteniendo valores por debajo de 0.65, siguiendo las restricciones de calidad establecidas en la Tabla 4-1 de la Sección 4.1.3.1. En el método de 4 histogramas de referencia, remapeando con 20 y 25 centroides se obtiene respectivamente 0.5863 y 0.6494. Si se analizan los resultados obtenidos para cada caso se puede ver claramente que hay algunos casos donde se consigue valores muy pequeños, como 0.2262 para la imagen ISIC_0000010 usando 20 centroides o 0.0018 en la misma imagen en el caso de los 25 centroides. Que la Conformidad obtenga un valor tan bajo quiere decir que hay un gran número de píxeles que se están etiquetando erróneamente respecto a la verdad de referencia.



Figura 5-2. Verdad de referencia de la imagen ISIC_0000010.

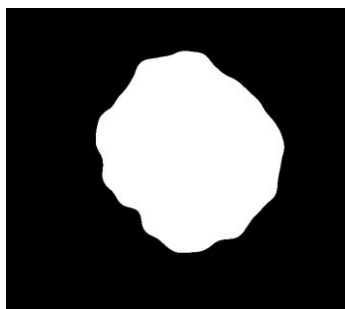


Figura 5-3. Máscara obtenida en el método de 4 histogramas de referencia con 20 centroides.

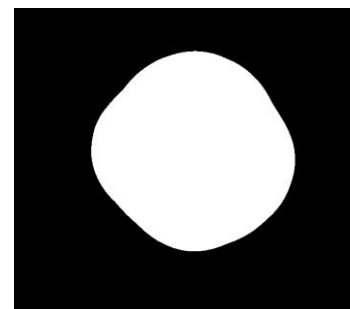


Figura 5-4. Máscara obtenida en el método de 4 histogramas de referencia con 25 centroides.

Respecto a las medidas de contorno obtenidas, hay que comentar que, en el caso de la MDCP, salvo contadas ocasiones, se están cumpliendo las restricciones impuestas en la Tabla 4-4 de la Sección 4.1.3.2 casi para todos los grupos de imágenes.

En el caso de la Distancia Hausdorff, tan solo se cumplen las restricciones para las agrupaciones 3, 4 y 8. Aunque, en el caso del método de 4 histogramas de referencia con 10 centroides, se detecta la distancia máxima es bastante alta en el grupo 8. Tras analizar los resultados se comprueba que, para la imagen ISIC_0000386 se ha

obtenido una distancia de 1175.70 píxeles, algo que se considera bastante malo. Observando dicha máscara en la Figura 5-5 se comprueba la escasa precisión en dicha máscara.



Figura 5-5. Máscara obtenida para la imagen ISIC_0000386 con el método de 4 histogramas de referencia y 10 centroides.

5.2 Resultados obtenidos para el tamaño 2 de disco de dilatación

		SENSIBILIDAD	SENSIBILIDAD η_{sbl}	ESPECIFICIDAD	EXACTITUD	ÍNDICE DE JACCARD	COEF. DICE	PPV	CONFORMIDAD	TIEMPO		
OTSU		0,6965	0,9350	0,9736	0,8664	0,6703	0,7654	0,9716	-240,134	0,7323	0,0561	
2 ETIQ.		0,7436	0,9727	0,9857	0,8851	0,7284	0,8193	0,9816	-2,3027	0,7251	27,5887	
4 ETIQ.		0,8335	0,9221	0,9729	0,9061	0,7932	0,8618	0,9578	-6,8613	0,7560	101,4298	
HISTOGRAMAS	4 HIST DE REF	4	0,8408	0,2810	0,8765	0,8337	0,7102	0,7967	0,8334	2184,618	0,7465	117,3168
		5	0,8782	0,4366	0,8925	0,8576	0,7028	0,7998	0,8203	0,2381	0,7194	162,5502
		7	0,9060	0,5759	0,8898	0,8818	0,7408	0,8319	0,8283	0,4401	0,7213	233,4880
		10	0,9042	0,2788	0,8415	0,8392	0,6766	0,7802	0,7674	0,1113	0,6577	341,5146
		15	0,9039	0,4301	0,7966	0,8184	0,6548	0,7708	0,7351	0,2602	0,6561	458,6799
		20	0,8628	0,2749	0,8185	0,8183	0,6567	0,7665	0,7852	0,0699	0,6409	282,3752
		25	0,9130	0,1122	0,7588	0,7990	0,6499	0,7608	0,7283	-0,0104	0,6661	545,5390
	5 HIST DE REF	4	0,8593	0,8734	0,9592	0,9079	0,7882	0,8723	0,9240	0,6653	0,7089	138,2922
		5	0,8310	0,8686	0,9505	0,8955	0,7630	0,8535	0,9278	0,5981	0,7084	108,7684
		7	0,8044	0,7915	0,9418	0,8763	0,7223	0,8026	0,9137	-4,5051	0,7356	249,1557
		10	0,8241	0,7686	0,9335	0,8690	0,6997	0,7984	0,8670	-10,1278	0,6509	194,8769
		15	0,8117	0,8726	0,9357	0,8891	0,7359	0,8271	0,9173	-3,9741	0,6995	264,1353
		20	0,8918	0,5610	0,8730	0,8652	0,7064	0,8098	0,8050	0,3998	0,6374	467,1729
		25	0,8384	0,7468	0,9136	0,8728	0,7239	0,8254	0,8718	0,4821	0,6818	630,6819

Tabla 5-4. Resultados obtenidos para la evaluación de regiones aplicando un disco de tamaño 2 píxeles.

		MDCP								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
OTSU		17,08	20,46	22,08	13,35	45,23	61,18	94,50	220,23	
2 ETIQUETAS		19,72	20,70	14,29	10,66	32,99	58,52	81,69	27,72	
4 ETIQUETAS		14,11	13,30	10,87	6,80	22,80	48,24	61,42	16,60	
HISTOGRAMAS	4 HIST DE REF	4	13,32	18,17	20,36	36,45	30,32	112,75	45,83	178,73
		5	7,71	31,49	23,79	71,01	12,85	66,97	47,08	344,12
		7	9,32	26,69	23,16	90,74	20,37	54,12	67,44	15,80
		10	14,80	39,70	49,46	32,50	17,55	83,91	78,32	258,27
		15	7,98	27,49	34,96	16,23	26,30	78,49	60,81	338,92
		20	17,21	23,15	53,04	11,85	29,59	106,22	45,35	32972,38
		25	10,17	17,54	61,73	55,15	32,06	103,35	16430,39	32898,27
	5 HIST DE REF	4	15,88	20,58	16,84	16,10	18,94	48,63	77,33	7,37
		5	20,01	27,41	23,69	17,22	25,64	48,72	66,07	10,72
		7	9,86	16,84	30,12	11,63	28,24	54,01	85,61	218,72
		10	13,13	18,29	31,30	5,16	36,37	71,83	61,93	214,33
		15	14,83	28,42	39,74	31,81	25,41	75,55	42,70	15,85
		20	13,16	17,69	21,38	43,78	19,64	74,01	78,57	258,62
		25	12,02	16,93	22,48	12,49	30,04	61,88	72,18	155,65

Tabla 5-5. Resultados obtenidos para la evaluación de MDCP aplicando un disco de tamaño 2 píxeles.

		DISTANCIA HAUSDORFF								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
OTSU		33,43	76,46	53,18	43,18	187,05	145,46	216,61	445,64	
2 ETIQUETAS		37,55	70,58	38,59	26,69	149,14	145,57	205,12	78,56	
4 ETIQUETAS		30,64	71,73	27,19	20,89	140,33	132,10	180,97	63,26	
HISTOGRAMAS	4 HIST DE REF	4	29,74	104,52	66,45	82,94	133,83	225,36	159,93	361,08
		5	23,44	117,02	60,21	196,16	50,71	155,91	161,56	817,24
		7	24,09	138,28	68,55	232,89	88,35	139,79	193,96	57,77
		10	31,73	140,10	178,94	78,99	84,34	236,79	174,83	764,75
		15	23,30	163,88	93,68	71,30	99,09	282,61	159,98	856,39
	5 HIST DE REF	20	35,07	114,60	117,73	34,93	97,64	301,33	176,45	1117,66
		25	23,61	76,06	195,50	171,58	111,81	303,60	198,71	581,69
		4	33,75	76,38	53,70	32,17	72,95	126,41	222,34	44,59
		5	38,91	112,40	58,77	53,96	102,31	125,99	189,84	53,15
		7	24,76	66,07	86,58	28,37	129,02	127,53	286,35	500,02
		10	27,38	99,28	104,25	22,27	182,77	157,25	177,88	562,09
		15	30,94	125,97	141,32	144,15	122,72	214,94	131,10	71,04
		20	29,59	81,55	58,56	113,25	70,29	222,49	220,87	679,10
		25	27,18	70,46	56,44	30,24	111,28	233,82	205,51	480,54

Tabla 5-6. Resultados obtenidos para la evaluación de Distancia de Hausdorff aplicando un disco de tamaño 2 píxeles.

A parte de lo que se comenta en la Sección 5.7.1, de la Tabla 5-4, hay que comentar que se obtienen valores menores que 0.65, tal y como se especifica en la Tabla 4-1 de la Sección 4.1.3.1, para los casos del índice de Jaccard, para el método de 4 histogramas de referencia con 25 centroides, alcanzando un valor de 0.6499, y también en la Conformidad, para los métodos de 4 y 5 histogramas de referencia con 20 centroides en ambos casos, obteniendo unos valores de 0.6409 y 0.6374 respectivamente. Si se analizan estos valores bajos, para el caso del índice de Jaccard, se comprueba que se han conseguido valores en torno al 0.1 y 0.3, lo que quiere decir que la similitud entre la verdad de referencia y la máscara obtenida con el algoritmo en cuestión es muy baja, tal y como se puede comprobar en la Figura 5-6, para el caso de la imagen ISIC_0000001, con un índice de Jaccard de 0.1126. Para el caso de los valores bajos de la Conformidad, se comprueba que se ha obtenido, exceptuando los casos de fallo, valores bajos, como para el caso de los 4 histogramas de referencia, en la imagen ISIC_0002439 se consigue un valor de 0.2263. Mientras que, para la situación de los 5 histogramas de referencia, en la imagen ISIC_0011101, se obtiene un valor de 0.1154. Que esta medida obtenga valores muy cercanos a 0 quiere decir que el porcentaje de píxeles etiquetados incorrectamente es muy alto, tal y como se puede comprobar en la Figura 5-7 y en la Figura 5-8 respectivamente.

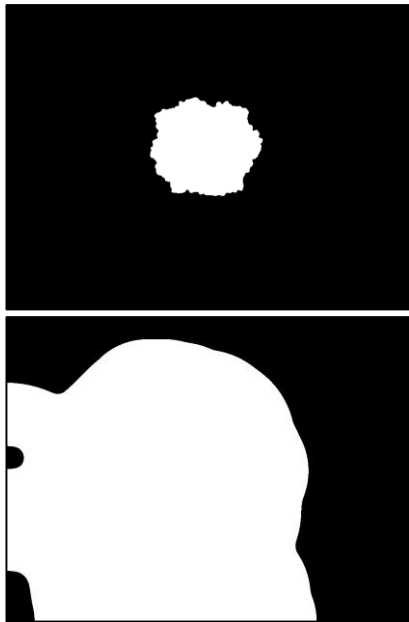


Figura 5-6. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000001 con el método de 4 histogramas de referencia y 25 centroides.

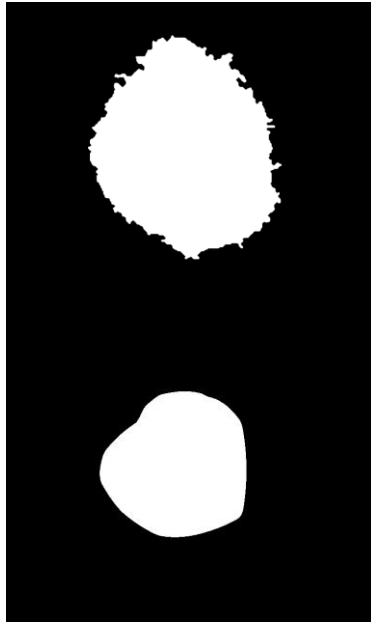


Figura 5-7. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_00002439 con el método de 4 histogramas de referencia y 20 centroides.

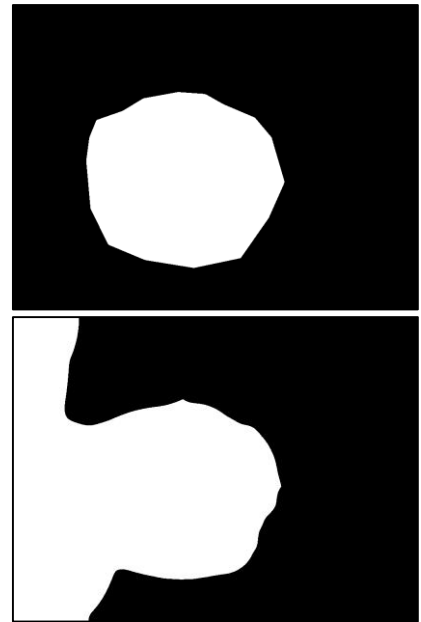


Figura 5-8. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0011101 con el método de 5 histogramas de referencia y 20 centroides.

En la evaluación de la MDCP, que se muestra en la Tabla 5-5, hay que destacar que se han obtenido muy buenos resultados para casi todos los grupos de imágenes, es decir, se cumplen las restricciones de la Tabla 4-4 de la Sección 4.1.3.2, exceptuando los dos últimos.

Por último, se debe comentar que los resultados para la Distancia de Hausdorff, como se puede ver en la Tabla 5-6, tan solo se cumplen las restricciones de la Tabla 4-4 de la Sección 4.1.3.2, para las agrupaciones de imágenes 1, 2 y 4. Además, se observa que se ha tenido un valor, excesivamente alto para el caso del grupo 8 en el método de 4 histogramas de referencia utilizando 20 centroides. Esto se debe a que, para la imagen ISIC_0000386, se ha obtenido una segmentación bastante pobre, tal y como se puede ver en la Figura 5-9.



Figura 5-9. Máscara resultante para la imagen ISIC_0000386 en el método de 4 histogramas de referencia y 20 centroides.

5.3 Resultados obtenidos para el tamaño 5 de disco de dilatación

		SENSIBILIDAD	SENSIBILIDAD η_{sbl}	ESPECIFICIDAD	EXACTITUD	ÍNDICE DE JACCARD	COEF. DICE	PPV	CONFORMIDAD	TIEMPO
OTSU		0,7215	0,9289	0,9716	0,8743	0,6914	0,7804	0,9677	-120,513	0,0568
2 ETIQ.		0,7514	0,9713	0,9853	0,8878	0,7354	0,8240	0,9810	-7,8101	0,7381
4 ETIQ.		0,8638	0,9147	0,9707	0,9172	0,8184	0,8891	0,9528	0,6999	0,7736
HISTOGRAMAS	4	0,9120	0,5226	0,8889	0,8755	0,7379	0,8277	0,8197	0,3850	0,7690
	5	0,8895	0,5886	0,8728	0,8567	0,7193	0,8181	0,8245	0,4161	0,6355
	7	0,9048	0,3568	0,8646	0,8604	0,7174	0,8117	0,8079	0,2217	0,6872
	10	0,9318	0,2829	0,7813	0,8170	0,6912	0,7916	0,7493	0,1880	0,7121
	15	0,8990	0,1455	0,7771	0,8040	0,6296	0,7421	0,7203	-0,0504	0,6936
	20	0,8986	0,4248	0,7909	0,8250	0,6891	0,7918	0,7658	0,2605	0,7076
	25	0,9304	0,0803	0,7669	0,8131	0,6534	0,7658	0,7106	-0,0220	0,5954
	4	0,8331	0,9048	0,9612	0,9001	0,7794	0,8642	0,9442	0,6328	0,6739
	5	0,8652	0,7786	0,9399	0,8970	0,7467	0,8392	0,8759	0,5331	0,7254
	7	0,8782	0,7735	0,9103	0,8879	0,7550	0,8489	0,8742	0,5887	0,6932
	10	0,8562	0,8222	0,9423	0,8961	0,7490	0,8462	0,8906	0,5871	0,6575
	15	0,8117	0,8726	0,9357	0,8891	0,7359	0,8271	0,9173	-3,9741	0,6995
	20	0,8385	0,8127	0,9371	0,8932	0,7495	0,8427	0,9072	0,5525	0,6808
	25	0,8959	0,5735	0,8974	0,8809	0,7302	0,8232	0,8269	0,3930	0,7379

Tabla 5-7. Resultados obtenidos para la evaluación de regiones aplicando un disco de tamaño 5 píxeles.

		MDCP							
		1	2	3	4	5	6	7	8
OTSU		14,09	18,55	20,76	11,72	42,17	58,59	90,33	218,41
2 ETIQUETAS		18,71	20,56	13,39	10,13	29,48	57,75	80,80	27,40
4 ETIQUETAS		12,51	12,59	10,68	6,68	20,29	46,52	59,68	17,66
HISTOGRAMAS	4	11,70	29,49	14,13	94,60	14,79	53,11	68,06	187,19
	5	11,63	16406,39	44,29	28,42	18,06	50,46	58,51	161,69
	7	10,20	16,57	21,19	67,83	20,25	56,15	71,77	404,55
	10	5,97	39,88	26,58	60,48	22,28	78,17	92,58	402,19
	15	23,83	42,06	35,99	108,91	43,40	75,88	55,29	72,83
	20	11,33	34,68	16,60	11,46	22,41	55,07	83,61	571,80
	25	12,57	23,99	77,25	60,20	22,16	109,14	79,25	31,43
	4	14,88	19,99	23,26	20,22	28,66	47,76	56,30	7,93
	5	8,31	16,91	40,59	23,91	14,07	56,11	88,00	176,36
	7	12,72	16,47	27,64	7,97	9380,48	58,23	52,57	69,34
	10	6,88	12,52	33,97	25,10	27,00	69,57	66,36	26,34
	15	10,00	17,77	20,73	11,01	34,53	50,24	63,13	59,27
	20	8,20	18,19	34,21	46,88	16,15	52,14	71,40	16,18
	25	10,57	18,44	17,61	53,46	16,17	91,34	43,38	145,99

Tabla 5-8. Resultados obtenidos para la evaluación de MDCP aplicando un disco de tamaño 5 píxeles.

		DISTANCIA HAUSDORFF								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
OTSU		30,21	76,87	52,24	42,09	183,67	143,30	213,11	442,54	
2 ETIQUETAS		35,59	69,87	36,76	25,86	146,96	142,51	204,36	78,14	
4 ETIQUETAS		29,07	71,59	30,53	19,67	83,98	131,40	173,84	64,03	
HISTOGRAMAS	4 HIST DE REF	4	27,85	150,39	53,57	239,53	69,06	159,87	218,73	384,51
		5	24,89	131,67	114,49	88,64	62,85	142,66	179,08	490,26
		7	27,53	70,89	59,27	153,25	63,99	182,40	195,15	815,90
		10	22,48	161,97	76,56	158,59	97,20	281,60	270,61	776,80
		15	60,02	148,12	84,65	244,14	157,33	279,36	303,12	211,74
		20	28,93	142,57	45,08	48,97	132,70	183,77	272,25	1160,73
		25	25,78	150,00	223,72	145,52	96,82	390,16	276,34	92,78
	5 HIST DE REF	4	31,95	70,12	59,54	58,30	83,92	123,96	175,16	45,45
		5	24,16	59,06	106,29	63,80	68,98	137,24	207,62	384,61
		7	28,85	70,30	88,83	34,57	74,31	158,23	167,37	208,37
		10	21,15	50,77	83,05	70,57	90,21	162,58	186,99	79,97
		15	24,33	87,25	52,74	29,79	176,25	148,95	193,46	119,39
		20	22,41	80,63	109,73	133,95	50,35	126,33	185,38	72,40
		25	27,15	135,87	39,73	167,41	64,23	220,93	132,00	389,90

Tabla 5-9. Resultados obtenidos para la evaluación de Distancia de Hausdorff aplicando un disco de tamaño 5 píxeles.

A parte de lo que se comenta en la Sección 5.7.1, de la Tabla 5-7, hay que comentar que se obtienen valores menores que 0.65, siguiendo las restricciones de calidad establecidas en la Tabla 4-1 de la Sección 4.1.3.1, para la medida de Conformidad, para los métodos de 4 histogramas de referencia, usando 5 y 25 centroides, con valores de 0.6355 y 0.5954 respectivamente. Tal y como se ha explicado en Secciones anteriores, que la Conformidad obtenga valores bajos quiere decir que el porcentaje de píxeles etiquetados incorrectamente es alto. Si se analiza detalladamente cada caso, se encuentra que, para el caso de 5 centroides, la imagen ISIC_0000010 obtiene un valor de 0.1022, resultando una máscara como la que se observa en la Figura 5-10. Mientras que para el caso de los 25 centroides, el valor más bajo, 0.0829, para la Conformidad se consigue en la imagen ISIC_0002476, resultando una máscara como la que se muestra en la Figura 5-11.

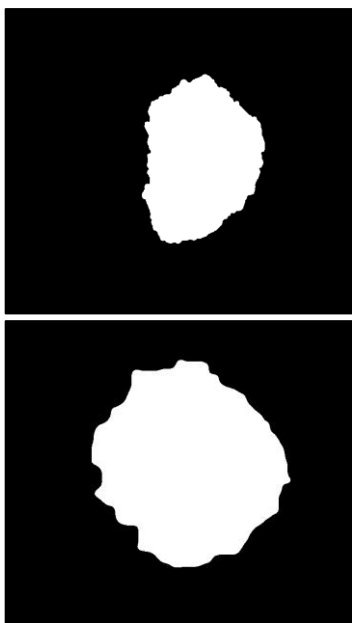


Figura 5-10. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000010 con el método de 4 histogramas de referencia y 5 centroides.

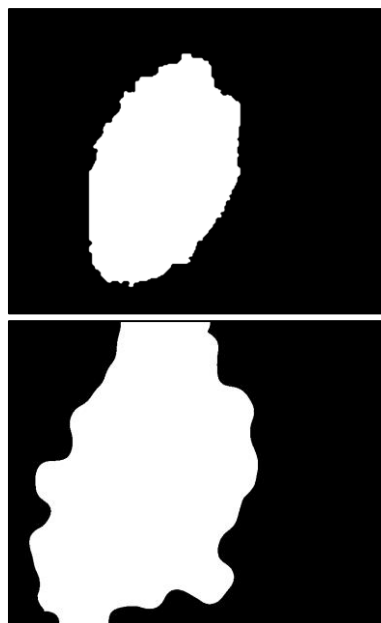


Figura 5-11. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0002476 con el método de 4 histogramas de referencia y 5 centroides.

Respecto a los resultados obtenidos para la MDCP, Tabla 5-8, se cumplen las restricciones de la Tabla 4-4 de la Sección 4.1.3.2 para los grupos de imágenes 1, 3 y 5.

Por último, hay que comentar que los resultados de la Distancia de Hausdorff, Tabla 5-9, son en general bastante malos, ya que tan solo se cumplen en su mayoría las restricciones de la Tabla 4-4 de la Sección 4.1.3.2 para los grupos de imágenes 1 y 5. Además, en el grupo 8 se han obtenido para el método de 4 histogramas de referencia usando 20 centroides una distancia muy alta, 1160.73. Analizando en detalle dichas imágenes, hay que destacar que se ha obtenido unas máscaras muy pésimas, como se puede comprobar en la Figura 5-12 y Figura 5-13.

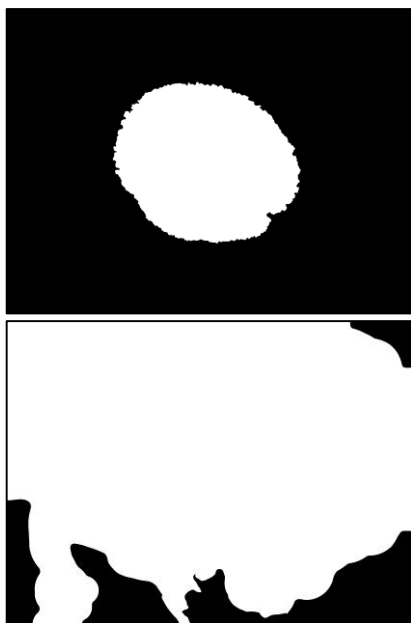


Figura 5-12. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000080 con el método de 4 histogramas de referencia y 20 centroides.

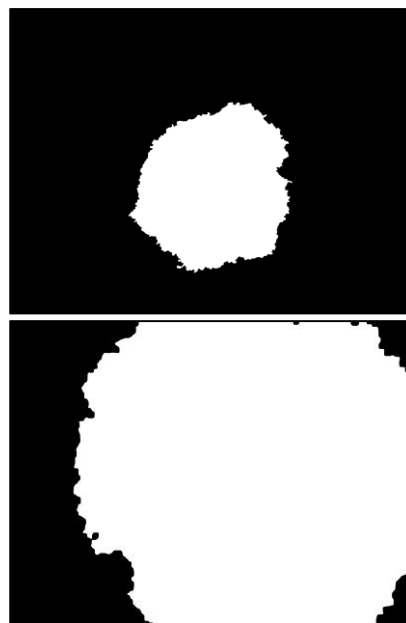


Figura 5-13. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000386 con el método de 4 histogramas de referencia y 20 centroides.

5.4 Resultados obtenidos para el tamaño 7 de disco de dilatación

		SENSIBILIDAD	SENSIBILIDAD η_{sbl}	ESPECIFICIDAD	EXACTITUD	ÍNDICE DE JACCARD	COEF. DICE	PPV	CONFORMIDAD	TIEMPO		
OTSU		0,7354	0,9249	0,9704	0,8786	0,7026	0,7882	0,9650	-89,0347	0,7958	0,0591	
2 ETIQ.		0,7564	0,9698	0,9849	0,8896	0,7396	0,8272	0,9804	-5,5440	0,7440	29,2075	
4 ETIQ.		0,8725	0,9094	0,9693	0,9194	0,8235	0,8923	0,9492	0,7092	0,7565	98,9168	
HISTOGRAMAS	4 HIST DE REF	4	0,8905	0,8607	0,9252	0,9103	0,8109	0,8858	0,9181	0,6956	0,7776	55,5867
		5	0,8866	0,6276	0,9030	0,8768	0,7370	0,8318	0,8478	0,4619	0,6694	97,0739
		7	0,9259	0,5673	0,8458	0,8686	0,7486	0,8354	0,8150	0,4542	0,7494	325,1661
		10	0,9108	0,5067	0,8481	0,8615	0,7343	0,8254	0,8190	0,3838	0,7349	218,7681
		15	0,8978	0,2486	0,8199	0,8312	0,6786	0,7794	0,7718	0,0941	0,6718	446,7504
		20	0,9077	0,2402	0,8098	0,8227	0,6591	0,7669	0,7458	0,0944	0,7007	372,3307
		25	0,8671	0,1932	0,7477	0,7797	0,5923	0,7075	0,7061	-29,0016	0,6432	448,8286
	5 HIST DE REF	4	0,8558	0,8581	0,9558	0,9091	0,7794	0,8653	0,9211	0,6393	0,7082	119,3939
		5	0,8685	0,8458	0,9525	0,9107	0,7834	0,8686	0,9119	0,6519	0,6968	131,4363
		7	0,8299	0,8434	0,9474	0,9038	0,7425	0,8290	0,9110	-3,7450	0,6866	229,2776
		10	0,8377	0,8577	0,9497	0,8962	0,7612	0,8525	0,9208	0,5978	0,6669	311,8412
		15	0,8105	0,8070	0,9217	0,8750	0,7064	0,7954	0,8897	-14,3499	0,6845	286,5099
		20	0,8565	0,8505	0,9441	0,8993	0,7746	0,8521	0,9164	-2,7832	0,7691	640,3828
		25	0,8594	0,6320	0,8767	0,8540	0,6918	0,7929	0,8226	-1,0270	0,6396	470,0016

Tabla 5-10. Resultados obtenidos para la evaluación de regiones aplicando un disco de tamaño 7 píxeles.

		MDCP								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
OTSU		12,54	17,69	20,06	10,96	40,28	57,45	87,89	217,53	
2 ETIQUETAS		18,00	20,36	13,15	9,65	29,29	55,86	79,54	26,75	
4 ETIQUETAS		11,56	12,32	10,68	6,96	18,85	45,93	65,42	14,50	
HISTOGRAMAS	4 HIST DE REF	4	10,44	20,48	20,73	6,08	9373,36	40,15	58,77	9,25
		5	7,71	26,37	29,51	22,51	26,22	57,49	53,62	371,05
		7	7,65	32,67	57,57	9,58	11,82	44,88	74,01	215,22
		10	9,95	29,67	39,54	109,44	21,19	55,41	41,64	28,29
		15	10,69	41,84	33,90	67,09	18,22	79,53	64,38	32837,14
		20	7,82	31,19	45,40	16,32	34,33	81,34	72,24	390,59
		25	8,52	31,24	60,00	52,58	9393,05	77,00	70,28	318,51
	5 HIST DE REF	4	9,83	18,70	21,34	6,14	21,76	55,55	51,27	14,70
		5	13,51	15,63	28,94	15,62	19,96	50,75	47,05	20,16
		7	12,87	16,89	17,45	20,55	10,08	61,49	70,44	124,55
		10	14,20	17,64	25,41	6,69	28,50	55,29	70,05	14,28
		15	21,56	14,39	21,99	15,60	28,53	60,13	77,66	50,42
		20	16,00	15,62	16,32	10,50	11,24	44,05	88,65	132,77
		25	10,24	32,01	16,39	31,23	40,93	64,67	62,36	51,81

Tabla 5-11. Resultados obtenidos para la evaluación de MDCP aplicando un disco de tamaño 7 píxeles.

		DISTANCIA HAUSDORFF								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
OTSU		28,50	76,39	51,63	40,81	181,73	141,92	210,72	440,53	
2 ETIQUETAS		34,67	69,46	35,79	25,11	145,95	142,23	203,91	77,74	
4 ETIQUETAS		29,08	71,62	30,65	20,28	82,41	130,25	212,77	63,05	
HISTOGRAMAS	4 HIST DE REF	4	25,41	72,09	66,13	16,83	59,16	111,59	166,92	64,16
		5	22,33	115,30	72,08	64,12	81,38	148,15	167,04	700,62
		7	25,51	138,32	137,00	24,24	70,44	195,02	203,19	485,02
		10	23,99	137,39	84,96	264,97	69,98	192,13	126,90	95,33
		15	24,87	178,93	124,89	181,10	80,59	239,12	178,53	354,40
	5 HIST DE REF	20	22,03	152,25	108,70	70,41	90,96	246,14	261,25	902,13
		25	27,15	161,28	197,92	222,98	124,42	239,97	347,66	826,73
		4	25,44	110,29	67,76	18,20	89,64	135,01	169,52	67,78
		5	31,07	68,83	67,49	47,52	83,15	123,89	149,09	69,92
		7	29,08	63,60	45,11	51,28	38,88	153,75	191,59	574,46
		10	30,39	76,15	56,42	24,33	99,52	141,19	189,82	62,48
		15	39,35	74,79	65,54	41,29	145,09	223,72	256,49	265,16
		20	32,33	70,60	42,65	30,86	50,73	123,25	297,53	388,87
		25	29,28	133,59	51,75	145,17	167,93	192,94	169,53	183,38

Tabla 5-12. Resultados obtenidos para la evaluación de Distancia de Hausdorff aplicando un disco de tamaño 7 píxeles.

A parte de lo que se comenta en la Sección 5.7.1, de la Tabla 5-10, hay que destacar que se ha detectado una situación, la del método de 4 histogramas de referencia y usando 25 centroides de color, en el que el valor del índice de Jaccard es de 0.5923, lo que se considera un valor bastante bajo teniendo en consideración las restricciones de calidad establecidas en la Tabla 4-1 de la Sección 4.1.3.1. Que el índice de Jaccard sea bajo significa que la similitud entre la máscara del algoritmo y la de la verdad de referencia es baja, es decir, que hay zonas en la máscara que se consideran como lesión cuando no lo son realmente. Analizando con detenimiento los valores calculados del índice de Jaccard de las imágenes para este caso, se observa que se tienen algunos valores muy bajos, como el de la imagen ISIC_0000001 o ISIC_0000386. En la Figura 5-14 y Figura 5-15 se puede comprobar lo que se ha comentado anteriormente.

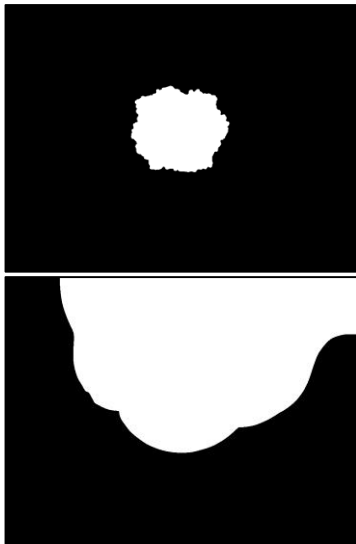


Figura 5-14. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000001.

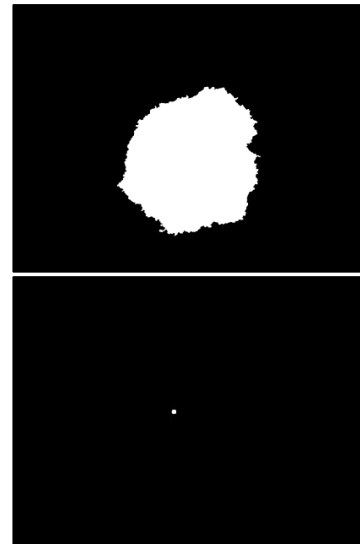


Figura 5-15. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000386.

Por último, en las medidas de contorno obtenidas, en la Tabla 5-11 y Tabla 5-12, se debe comentar que, en el caso de la MDCP, salvo contadas ocasiones, se están cumpliendo las restricciones impuestas en la Tabla 4-4 de la Sección 4.1.3.2 casi para todos los grupos de imágenes, exceptuando para el grupo 6.

Para la Distancia Hausdorff, se cumplen las restricciones para las agrupaciones 1, 3, 4 y 5. Mientras que en los demás grupos no se cumple, en el grupo 8 llama la atención que se obtienen distancias muy grandes. Se ha analizado los dos casos donde la distancia de Hausdorff alcanza los valores más altos, que son para el caso de 4 histogramas de referencia con 20 y 25 centroides. Obteniéndose unos resultados de 902.13 y 826.73 respectivamente. Analizando detalladamente las imágenes del grupo 8 y sus respectivas máscaras resultado, se observa que se ha obtenido una máscara, o muy grande, o muy pequeña, respecto a la verdad de referencia, tal y como se puede contemplar desde la Figura 5-16 hasta la Figura 5-18.

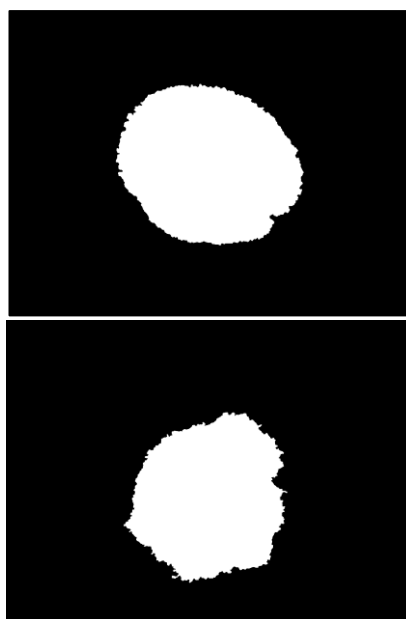


Figura 5-16. Verdad de referencia de ISIC_0000080 y ISIC_0000386.

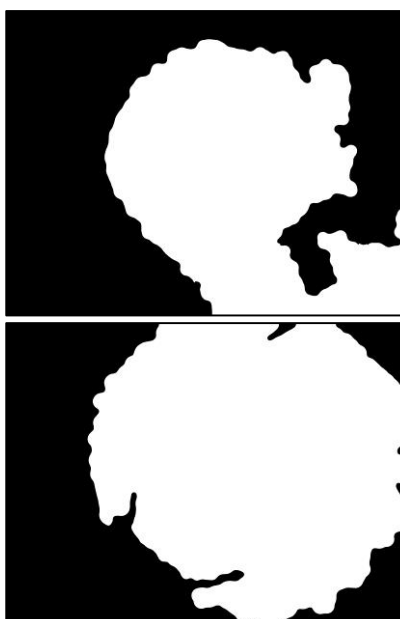


Figura 5-17. Máscaras de ISIC_0000080 y ISIC_0000386, 4 histogramas de referencia y 20 centroides.

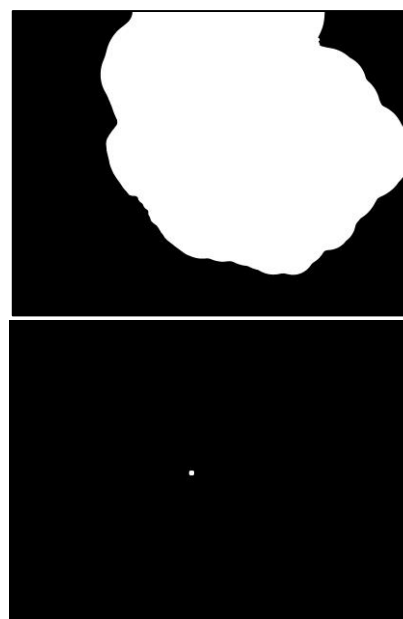


Figura 5-18. Máscaras de ISIC_0000080 y ISIC_0000386, 4 histogramas de referencia y 25 centroides.

5.5 Resultados obtenidos para el tamaño 10 de disco de dilatación

		SENSIBILIDAD	SENSIBILIDAD η_{shl}	ESPECIFICIDAD	EXACTITUD	ÍNDICE DE JACCARD	COEF. DICE	PPV	CONFORMIDAD	TIEMPO		
OTSU		0,7584	0,9165	0,9677	0,8855	0,7201	0,8000	0,9592	-56,9306	0,8259	0,0576	
2 ETIQ.		0,7804	0,9683	0,9845	0,8996	0,7626	0,8537	0,9798	0,6010	0,7549	30,0981	
4 ETIQ.		0,8845	0,8989	0,9665	0,9221	0,8276	0,8949	0,9413	0,7175	0,7654	95,6370	
HISTOGRAMAS	4 HIST DE REF	4	0,8867	0,6690	0,8562	0,8618	0,7412	0,8229	0,8231	-0,1472	0,8234	160,2990
		5	0,8786	0,6560	0,8907	0,8698	0,7302	0,8265	0,8436	0,4648	0,6495	125,1576
		7	0,9092	0,5208	0,8754	0,8741	0,7305	0,8254	0,8129	0,3831	0,6715	202,1526
		10	0,8510	0,3846	0,8421	0,8207	0,6669	0,7659	0,7785	2184,717	0,6302	223,6462
		15	0,8837	0,1364	0,7706	0,7894	0,6398	0,7455	0,7133	2184,536	0,6125	235,6527
		20	0,9247	0,0990	0,7136	0,7801	0,6381	0,7415	0,6788	-0,5308	0,6875	574,1443
		25	0,9077	-0,0160	0,7125	0,7786	0,5967	0,7081	0,6809	-0,4052	0,6867	617,7235
		4	0,8392	0,7865	0,9373	0,8985	0,7320	0,8195	0,8897	0,2347	0,7781	139,9586
	5 HIST DE REF	5	0,8779	0,8802	0,9461	0,9130	0,8082	0,8851	0,9281	0,6976	0,7503	119,3472
		7	0,8190	0,7663	0,9495	0,8682	0,7091	0,7915	0,8894	-4624,96	0,7235	211,9724
		10	0,8434	0,8256	0,9401	0,8892	0,7567	0,8401	0,9087	-19,8145	0,7447	280,7797
		15	0,8781	0,4522	0,8562	0,8456	0,6912	0,7951	0,8052	0,2577	0,7115	240,6725
		20	0,8979	0,6428	0,8631	0,8816	0,7413	0,8369	0,8309	0,4959	0,6642	509,5201
		25	0,8611	0,7166	0,8786	0,8731	0,7064	0,8091	0,8319	0,2829	0,6440	643,8466

Tabla 5-13. Resultados obtenidos para la evaluación de regiones aplicando un disco de tamaño 10 píxeles.

		MDCP								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
OTSU		10,15	16,67	19,04	10,16	37,11	55,79	84,35	215,83	
2 ETIQUETAS		17,11	20,08	12,25	9,15	28,56	54,43	77,55	25,97	
4 ETIQUETAS		9,64	12,36	11,38	8,04	17,65	45,15	63,55	14,45	
HISTOGRAMAS	4 HIST DE REF	4	9,54	28,34	20,42	36,08	15,84	66,33	103,70	14,74
		5	15,61	33,25	24,36	14,84	28,48	46,58	73,85	175,46
		7	15,68	25,97	21,57	21,29	13,28	89,01	87,47	18,89
		10	17,09	21,94	78,82	12,57	25,17	77,63	59,79	410,64
		15	13,40	31,31	34,49	36,00	48,19	95,65	76,56	380,08
		20	9,93	20,99	24,28	50,88	34,47	122,31	66,96	503,91
		25	7,06	25,46	83,17	104,67	9394,11	79,12	73,13	100,35
		4	7,52	27,83	20,53	30,69	20,99	40,37	83,45	190,51
	5 HIST DE REF	5	15,99	17,08	8,49	9,51	27,91	50,50	49,22	10,99
		7	13,37	13,46	21,32	35,43	23,30	75,21	67,58	121,00
		10	11,16	29,92	10,81	25,25	23,30	43,71	84,80	39,37
		15	11,82	16,83	33,87	84,45	32,03	56,02	69,27	455,10
		20	16,00	15,62	16,32	10,50	11,24	44,05	88,65	132,77
		25	15,58	16,35	33,40	16,85	28,45	66,58	78,55	232,79

Tabla 5-14. Resultados obtenidos para la evaluación de MDCP aplicando un disco de tamaño 10 píxeles.

		DISTANCIA HAUSDORFF								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
OTSU		25,14	76,82	50,49	37,96	177,37	138,82	205,01	436,71	
2 ETIQUETAS		34,02	68,70	32,47	23,52	95,36	142,02	203,29	77,11	
4 ETIQUETAS		27,97	71,86	31,62	21,51	80,00	128,88	212,73	63,57	
HISTOGRAMAS	4 HIST DE REF	4	25,19	150,20	67,24	83,30	60,58	137,88	410,32	67,32
		5	31,22	164,07	57,48	49,38	119,27	121,11	224,39	501,87
		7	33,37	127,86	60,55	57,05	50,08	277,31	250,33	70,89
		10	44,57	111,65	251,26	25,33	102,25	201,81	176,01	884,66
		15	41,29	164,19	119,72	102,35	170,14	234,63	226,80	835,83
		20	27,10	82,17	71,13	160,28	118,53	416,16	370,65	976,45
		25	22,03	130,55	185,53	302,31	148,66	337,46	205,50	423,92
	5 HIST DE REF	4	23,64	140,55	69,23	73,92	77,06	107,34	202,57	282,77
		5	33,82	73,19	22,42	24,55	107,62	128,15	161,28	54,64
		7	28,87	72,37	57,80	104,62	138,62	173,73	186,20	592,77
		10	26,84	120,06	30,18	77,94	68,95	117,91	288,75	88,75
		15	26,05	98,90	122,06	120,31	110,34	231,05	191,22	973,08
		20	32,33	70,60	42,65	30,86	50,73	123,25	297,53	388,87
		25	29,04	89,77	75,17	56,70	96,68	207,86	208,05	436,45

Tabla 5-15. Resultados obtenidos para la evaluación de Distancia de Hausdorff aplicando un disco de tamaño 10 píxeles.

A parte de lo que se comenta en la Sección 5.7.1, de la Tabla 5-13, hay que recalcar que se ha detectado que hay valores por debajo de 0.65 para el índice de Jaccard y la Conformidad, incumpliendo las restricciones de calidad establecidas en la Tabla 4-1 de la Sección 4.1.3.1. Los valores de los índices de Jaccard son de 0.6398 y 0.5967 para el método de 4 histogramas de referencia, usando 15 y 25 centroides respectivamente. Analizando detenidamente los valores obtenidos para cada imagen se encuentra que hay resultados muy bajos, como por ejemplo en el caso de la imagen ISIC_0000509, usando 15 centroides, donde se obtiene un índice de Jaccard igual a 0, cuya máscara se representa en la Figura 5-19, donde podemos comprobar que no hay ningún punto de similitud. Para el caso de los 25 centroides, se encuentra la situación de la imagen ISIC_0002439, donde se ha obtenido un índice de Jaccard de 0.1087, cuya máscara se puede ver en la Figura 5-20. Por último, en la Conformidad, para el método de 4 histogramas de referencia, usando 5 y 10 centroides se obtiene valores promedio de 0.6495 y 0.6302 respectivamente. Entrando en detalle se puede observar que, para la situación de los 5 centroides, se ha obtenido un valor de conformidad igual a 0.0719 en la imagen ISIC_0000484, cuya máscara resultante es la que se muestra en la Figura 5-21. Para terminar, en el caso de los 10 centroides se puede comprobar que se ha vuelto a obtener un valor muy bajo, 0.0975, para el caso de la imagen ISIC_0000026, cuya máscara es la que se representa en la Figura 5-22.

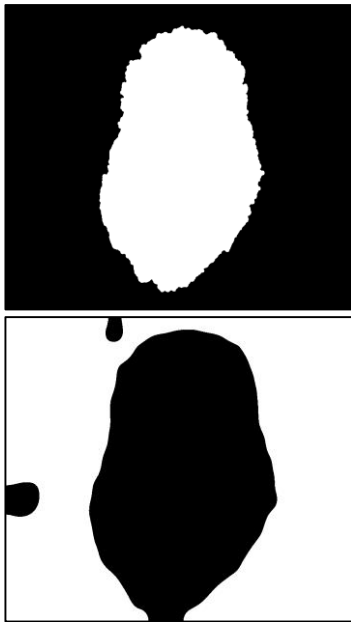


Figura 5-19. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000509 con el método de 4 histogramas de referencia y 15 centroides.

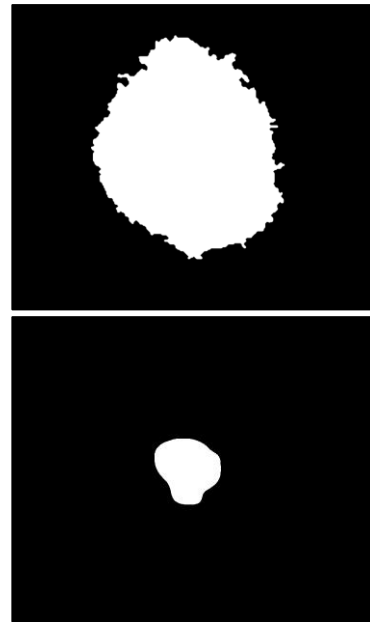


Figura 5-20. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0002439 con el método de 4 histogramas de referencia y 25 centroides.

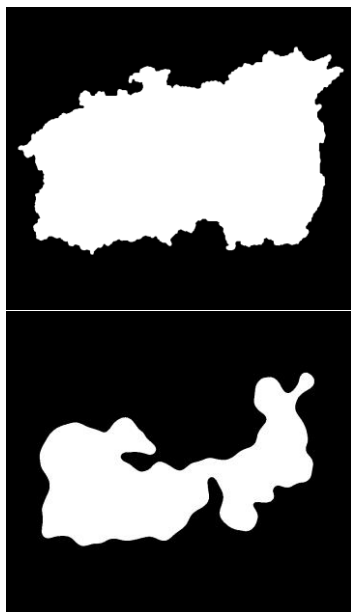


Figura 5-21. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000484 con el método de 4 histogramas de referencia y 5 centroides.

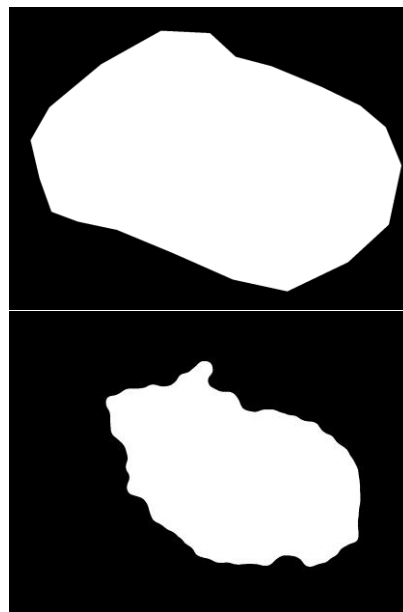


Figura 5-22. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000026 con el método de 4 histogramas de referencia y 10 centroides.

Respecto a las medidas de contorno, en la MDCP, Tabla 5-14, se cumplen las restricciones impuestas en la Tabla 4-4 de la Sección 4.1.3.2, en gran medida para todos los grupos de imágenes, salvo para los grupos 6 y 7, donde los valores son un poco más altos.

Por el contrario, para la distancia de Hausdorff, los únicos grupos que cumplen con las restricciones impuestas en la Tabla 4-4 de la Sección 4.1.3.2 son el 1, 3 y 4. En el resto de grupos, además de incumplir dichas restricciones, se dan hasta 5 casos en los que la distancia es bastante grande. Se van a analizar caso a caso. En el

método de 4 histogramas de referencia utilizando 15 centroides, se obtiene la máscara, Figura 5-24, de la imagen ISIC_0000386 cuya distancia Hausdorff es igual a 1637,8. Dentro del método de 4 histogramas de referencia haciendo uso de 20 centroides, se comprueba que las medidas son considerablemente altas en todas las imágenes de los dos grupos afectados, el 6 y el 8. Del grupo 6, se muestra la máscara obtenida para la imagen ISIC_0011101, Figura 5-26, cuya distancia es la mayor del grupo, con un valor de 694. Del grupo 8, en este caso, la máscara que se muestra es la de la imagen ISIC_0000080, Figura 5-27, cuya distancia Hausdorff ha alcanzado el valor de 1024 píxeles. Para el método de 4 histogramas usando 25 centroides, se comprueba que en el grupo 4, se han obtenido máscaras bastante alejadas de la verdad de referencia, como se puede ver en la Figura 5-28 y Figura 5-29. En este caso han sido las imágenes ISIC_0000006 y ISIC_0000012, donde se han obtenido distancias del orden de 400 píxeles en cada una. Por último, en el caso de 5 histogramas de referencia y usando 15 centroides, se vuelve a encontrar el mismo problema para la imagen ISIC_0000386, cuya máscara se puede observar en la Figura 5-25.



Figura 5-23. Verdad de referencia de la imagen ISIC_0000386.

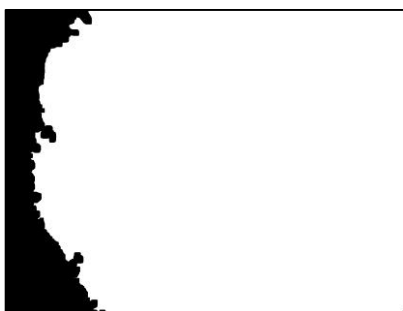


Figura 5-24. Máscara obtenida para la imagen ISIC_0000386 con el método de 4 histogramas de referencia y 25 centroides.



Figura 5-25. Máscara obtenida para la imagen ISIC_0000386 con el método de 5 histogramas de referencia y 15 centroides.

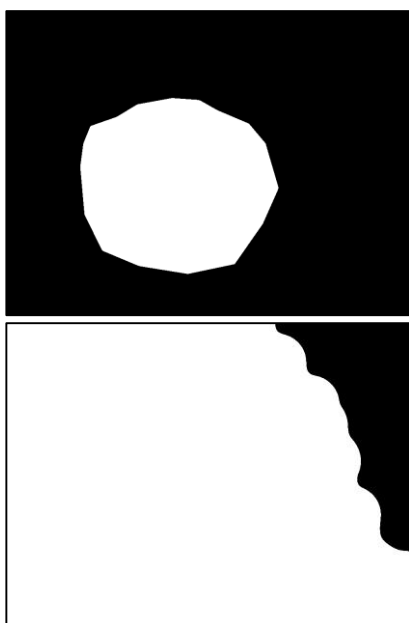


Figura 5-26. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0011101 con el método de 4 histogramas de referencia y 20 centroides.



Figura 5-27. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000080 con el método de 4 histogramas de referencia y 20 centroides.

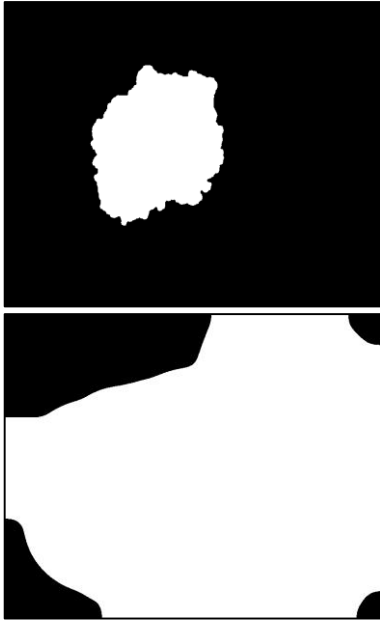


Figura 5-28. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000006 con el método de 4 histogramas de referencia y 25 centroides.

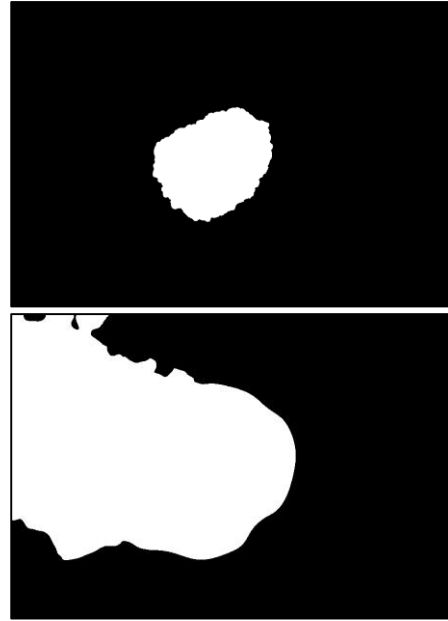


Figura 5-29. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000012 con el método de 4 histogramas de referencia y 25 centroides.

5.6 Resultados obtenidos para el tamaño 15 de disco de dilatación

		SENSIBILIDAD	SENSIBILIDAD η_{shl}	ESPECIFICIDAD	EXACTITUD	ÍNDICE DE JACCARD	COEF. DICE	PPV	CONFORMIDAD	TIEMPO	
OTSU		0,7904	0,8992	0,9619	0,8936	0,7401	0,8131	0,9463	-32,9906	0,7899	0,0590
2 ETIQ.		0,7728	0,9640	0,9833	0,8977	0,7526	0,8359	0,9774	-30,9741	0,7892	30,1842
4 ETIQ.		0,8981	0,8752	0,9593	0,9223	0,8240	0,8932	0,9241	0,7147	0,7639	98,2888
HISTOGRAMAS	4	0,9040	0,2899	0,8985	0,8715	0,7500	0,8328	0,8437	0,1456	0,7344	122,6516
	5	0,8892	0,4372	0,8648	0,8583	0,7215	0,8072	0,7942	2184,9127	0,7597	139,5834
	7	0,9400	0,3278	0,7881	0,8432	0,7082	0,8042	0,7599	0,2336	0,7558	215,3682
	10	0,8680	0,5207	0,8619	0,8496	0,6834	0,7797	0,7790	2184,8273	0,7118	310,9688
	15	0,9343	0,3764	0,7793	0,8196	0,6785	0,7834	0,7305	0,2693	0,7156	457,8625
	20	0,9599	0,2649	0,7297	0,8080	0,6618	0,7697	0,6958	0,2050	0,6501	362,4694
	25	0,9228	0,0597	0,7170	0,7755	0,6322	0,7444	0,7030	-0,0550	0,6557	428,7777
	4	0,8704	0,6570	0,9363	0,8979	0,7667	0,8500	0,8946	0,4730	0,7634	139,9586
	5	0,8625	0,8211	0,9283	0,8995	0,7649	0,8539	0,8989	0,5986	0,6944	146,6661
	7	0,9055	0,6620	0,8965	0,8810	0,7455	0,8369	0,8357	0,5070	0,7382	184,4014
	10	0,8410	0,8338	0,9376	0,8892	0,7514	0,8333	0,9070	-6,5514	0,7349	212,0300
	15	0,8468	0,6129	0,8784	0,8677	0,7080	0,7898	0,8592	-10,2901	0,7517	269,9137
	20	0,8553	0,7907	0,9022	0,8784	0,7403	0,8249	0,8785	-1,3061	0,7844	536,9653
	25	0,8722	0,7722	0,9096	0,8839	0,7415	0,8397	0,8605	0,5459	0,6623	473,7525

Tabla 5-16. Resultados obtenidos para la evaluación de regiones aplicando un disco de tamaño 15 píxeles.

		MDCP								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
OTSU		7,56	15,32	18,13	10,05	33,53	53,52	78,55	213,18	
2 ETIQUETAS		15,29	19,12	11,32	8,66	47,60	53,46	75,93	24,64	
4 ETIQUETAS		9,35	12,84	12,78	11,24	17,17	44,18	60,84	12,69	
HISTOGRAMAS	4 HIST DE REF	4	7,25	16,82	22,04	51,85	13,96	110,69	56,69	166,01
		5	6,30	27,13	57,44	25,48	20,30	87,59	49,48	187,50
		7	17,41	15,40	19,59	107,97	9374,00	53,70	84,53	186,79
		10	11,09	38,03	62,31	11,69	24,26	80,23	66,40	80,34
		15	11,20	31,96	49,11	39,39	38,38	56,25	51,50	218,76
		20	5,51	38,96	54,59	46,56	36,04	60,89	16449,60	136,38
		25	11,90	18,85	31,80	44,93	63,92	135,89	63,52	166,64
	5 HIST DE REF	4	8,27	31,45	15,00	59,81	13,30	48,54	57,78	14,49
		5	6,52	24,28	38,34	9,08	30,25	57,45	54,30	11,19
		7	5,61	16,89	8,00	41,41	21,24	71,79	56,29	112,76
		10	9,30	14,26	16,42	5,57	22,99	55,66	79,36	147,13
		15	7,55	20,50	96,46	32,21	22,95	60,44	54,43	21,38
		20	8,23	17,80	22,17	37,50	23,21	60,16	86,34	22,37
		25	10,28	15,48	23,69	30,47	23,70	78,14	74,81	102,11

Tabla 5-17. Resultados obtenidos para la evaluación de MDCP aplicando un disco de tamaño 15 píxeles.

		DISTANCIA HAUSDORFF							
		1	2	3	4	5	6	7	8
OTSU		20,38	76,36	48,68	35,19	166,05	134,56	196,75	428,52
2 ETIQUETAS		32,82	67,49	30,36	22,67	127,79	141,24	201,66	76,47
4 ETIQUETAS		28,30	77,77	34,17	27,40	82,07	127,33	213,54	63,72
HISTOGRAMAS	4	22,79	73,56	70,28	93,00	67,22	222,02	174,87	322,70
	5	22,13	116,31	162,97	67,77	70,02	200,91	163,79	385,66
	7	44,31	75,63	81,17	331,33	77,89	232,71	235,26	384,35
	10	27,86	143,84	138,05	38,77	102,97	206,55	195,82	725,77
	15	26,39	154,85	155,95	103,14	113,59	188,61	202,71	429,84
	20	20,28	170,95	146,42	107,09	136,26	269,27	309,73	438,24
	25	69,50	132,58	88,54	147,64	211,84	360,23	268,36	424,26
	4	23,54	120,09	39,73	147,55	54,98	123,10	177,91	67,32
	5	25,65	101,79	87,20	22,91	102,67	150,01	160,16	54,21
	7	24,82	97,59	32,05	85,21	80,74	189,84	172,08	460,41
	10	24,35	76,08	37,06	18,40	106,77	175,10	198,19	337,71
	15	24,24	81,86	181,61	80,64	151,36	246,20	174,70	77,23
	20	24,46	102,39	66,86	161,93	129,05	245,78	221,40	115,11
	25	27,07	83,65	67,65	75,01	104,23	210,91	211,80	420,65

Tabla 5-18. Resultados obtenidos para la evaluación de Distancia de Hausdorff aplicando un disco de tamaño 15 píxeles.

A parte de lo que se comenta en la Sección 5.7.1, de la Tabla 5-16 no hay que añadir nada más, ya que, teniendo en cuenta las restricciones de calidad establecidas en la Tabla 4-1 de la Sección 4.1.3.1, se han obtenido unos resultados bastante buenos.

Respecto a las medidas de contorno, en el caso de la MDCP, Tabla 5-17, se cumplen en gran medida las restricciones impuestas, en la Tabla 4-4 de la Sección 4.1.3.2, para todos los grupos de imágenes, exceptuando para los grupos 6 y 8.

Para finalizar, en las medidas de la distancia de Hausdorff, aunque sólo el grupo 1 cumple las restricciones impuestas, en la Tabla 4-4 de la Sección 4.1.3.2, los resultados no son exageradamente elevados. Por mencionar algún caso, se puede mencionar el resultado obtenido para el método de 4 histogramas de referencia con 7 centroides. Analizando el grupo 4, se comprueba que en las 3 imágenes se obtienen resultados bastante altos. El máximo es el de la imagen ISIC_0000009, con un valor de 384,67. La máscara correspondiente se representa en la Figura 5-30.

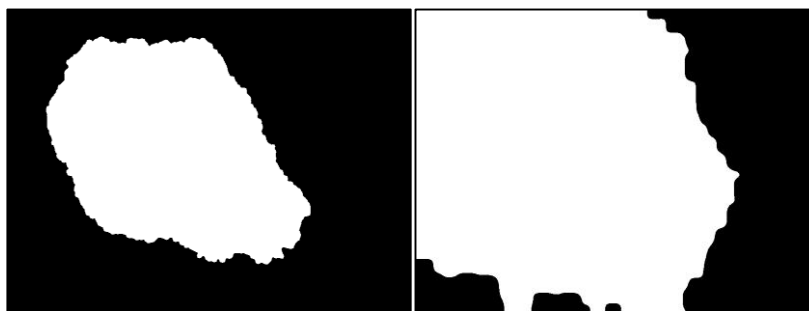


Figura 5-30. Verdad de referencia y máscara obtenida para la imagen ISIC_0000009 con el método de 4 histogramas de referencia y 7 centroides.

5.7 Comentarios y observaciones

5.7.1 Comentarios comunes

Si se comparan los resultados obtenidos, en la Tabla 5-1, Tabla 5-4, Tabla 5-7, Tabla 5-10, Tabla 5-13, Tabla 5-16, para los métodos de dos y cuatro etiquetas en cada una, se puede apreciar que los resultados son bastante mejores en el caso del método de cuatro etiquetas, salvo para las medidas de la Sensibilidad η_{sbl} , Especificidad y PPV. Esto se debe a que, en el caso de la Sensibilidad η_{sbl} se dan más casos en el que el método de 4 etiquetas donde se selecciona píxeles como lesión cuando realmente éstos están fuera de dicha región en la verdad de referencia, tal y como se puede observar en las imágenes del Anexo II, Anexo I y Anexo IV, respectivamente. En correlación con esto mismo, que la Especificidad sea menor en el método de 4 etiquetas quiere decir que en éste hay menor probabilidad de etiquetar correctamente un píxel correspondiente a la piel sana. Por último, el hecho de que el Valor Predictivo Positivo también sea menor en el método de 4 etiquetas tiene la misma razón de ser, ya que se están obteniendo mayor cantidad de falsos positivos que en el método de 2 etiquetas.

Si se observan los valores obtenidos para el conjunto de datos del método de histograma, en la Sensibilidad y Sensibilidad η_{sbl} , llama la atención que, aún obteniendo buenos resultados en la Sensibilidad, se estén alcanzando valores muy bajos en la Sensibilidad η_{sbl} . Analizando cuidadosamente los valores y las máscaras obtenidas en dichos casos se observa que, numéricamente se están obteniendo valores negativos o bastante pequeños. Este hecho se traduce a que en la máscara resultante se están etiquetando un gran número de píxeles como lesión, cuando en la verdad de referencia no lo son. Entre la Figura 5-31 y la Figura 5-36 se puede comprobar esto que se comenta.

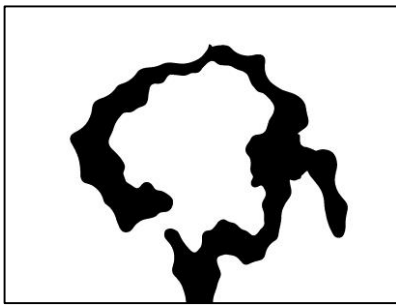


Figura 5-31. Máscara resultado para ISIC_0000024, sin dilatación, usando 4 histogramas de referencia y 10 centroides.

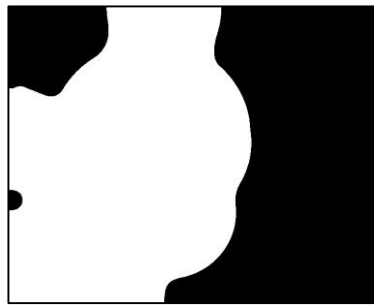


Figura 5-32. Máscara resultado para ISIC_0002476, con dilatación de tamaño 2, usando 4 histogramas de referencia y 25 centroides.

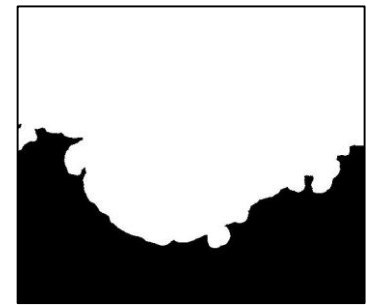


Figura 5-33. Máscara resultado para ISIC_0000336, con dilatación de tamaño 5, usando 5 histogramas de referencia y 15 centroides.

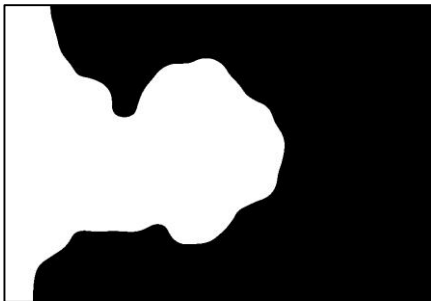


Figura 5-34. Máscara resultado para ISIC_0000012, con dilatación de tamaño 7, usando 4 histogramas de referencia y 15 centroides.



Figura 5-35. Máscara resultado para ISIC_0000001, con dilatación de tamaño 10, usando 4 histogramas de referencia y 20 centroides.

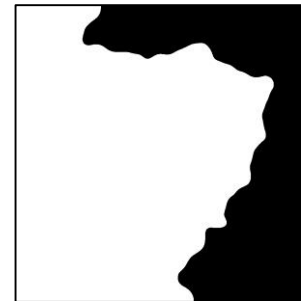


Figura 5-36. Máscara resultado para ISIC_0000077, con dilatación de tamaño 15, usando 4 histogramas de referencia y 7 centroides.

Analizando los resultados obtenidos en las tablas anteriormente mencionadas para los parámetros de Especificidad y PPV, se puede apreciar que se han obtenido valores especialmente altos, siendo mayores que 0.9, tal y como se especifica en las restricciones descritas en la Tabla 4-1 de la Sección 4.1.3.1, principalmente para los métodos de segmentación basados en color: Otsu, dos etiquetas y cuatro etiquetas. En el caso de la Especificidad, también se ha obtenido resultados muy buenos, en general, para los métodos basados en 5 histogramas de referencia. Por un lado, que la Especificidad tenga valores tan buenos quiere decir que, los algoritmos tienen una alta probabilidad de etiquetar correctamente los píxeles que están marcados como piel sana en la verdad de referencia. Por otro lado, que el PPV tenga resultados mayores que 0.9, se puede traducir como que el algoritmo ha etiquetado pocos falsos positivos.

Llama la atención que, para todos los tamaños de dilatación, los resultados obtenidos en la Exactitud del método de segmentación de 4 etiquetas también son muy buenos, es decir, son superiores al valor de 0.9, tal y como se especifica en las restricciones descritas en la Tabla 4-1 de la Sección 4.1.3.1. Si la Exactitud está teniendo estos resultados tan buenos, esto quiere decir que la proporción de píxeles etiquetados correctamente respecto al total de todos ellos en la imagen es alta.

Respecto a la Conformidad obtenida, como se puede ver en la primera columna de dicha medida en la Tabla 5-1, Tabla 5-4, Tabla 5-7, Tabla 5-10, Tabla 5-13 y Tabla 5-16, llama la atención los valores obtenidos para todos los casos. Analizando cuidadosamente los resultados para cada método, se destaca que para algunas imágenes, entre 3 y 5, siempre se suele obtener valores negativos y bastante grandes, lo que se considera como fallo, tal y como se explica en la Sección 4.1.3.1.7. De manera que, si se realiza de nuevo el promedio de la Conformidad excluyendo los valores negativos y los valores mayores que 1, se obtienen los resultados expuestos en la segunda columna de Conformidad en cada una de las tablas mencionadas anteriormente.

En la Tabla 5-2, Tabla 5-5, Tabla 5-8, Tabla 5-11, Tabla 5-14 y Tabla 5-17 se puede comprobar que ocasionalmente se repite en algunas ocasiones para los métodos de 4 y 5 histogramas de referencia el hecho de que aparezca un valor excesivamente alto. Tras un detallado análisis las imágenes, se comprueba que se repite que la máscara resultado ocupa la imagen completa para distintas imágenes, tal y como se puede ver en la Figura 5-37. Este resultado se repite para distintas imágenes, aunque la más común es la imagen ISIC_0000484. En este caso en concreto, se debe a que, al obtener una máscara para la lesión en Otsu bastante escasa, tal y como se puede apreciar en la Figura 5-38, se convierte en una tarea complicada el hecho de obtener histogramas de referencia factibles dentro de dicha máscara de la lesión pigmentada y en la situación de la piel sana es muy fácil seleccionar los histogramas recogiendo información de la lesión real.

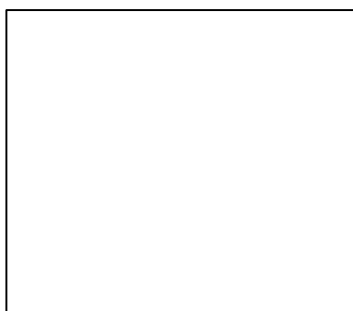


Figura 5-37. Ejemplo de una máscara que cubre la imagen completa.

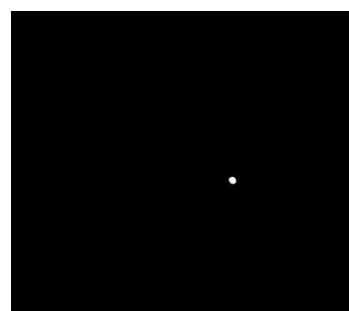


Figura 5-38. Máscara Otsu para la imagen ISIC_0000484.

Por último, hay que comentar que, los tiempos medidos son algo orientativos, ya que no se ha podido disponer de un ordenador que estuviera ejecutando sólo y exclusivamente estos algoritmos. De manera que, los tiempos han dependido por un lado de la complejidad de los cálculos, pero por otro lado de las tareas que se estuvieran desarrollando en ese momento en el ordenador. Sin embargo, el hecho de expresar estos tiempos se ha realizado con la intención de reflejar de manera aproximada el coste computacional de cada uno de los algoritmos. Por un lado, entre los algoritmos de etiquetas de color, hay un pequeño coste computacional respecto al método de Otsu. Además, para los métodos de histogramas, se comprueba que cuanto mayor sea el número de centroides con los que se remapea las imágenes, mayor es el coste computacional de estos cálculos. De igual manera afecta el número de histogramas de referencia usados.

5.7.2 Efecto de *imfill*

Tal y como se comentaba en la Sección 3.3 sobre el postprocesamiento de las imágenes, en algunos casos ha sido necesario aplicar dicha función de MATLAB ya que mejoraba notablemente los valores obtenidos en las medidas de región y contorno. En la Tabla 5-19 se muestran los resultados que sufren cierta variación tras aplicar la función *imfill* para los ejemplos que se exponen en la Figura 3-30 y Figura 3-31, correspondientes a la Sección 3.3. Se llega a la conclusión de que se obtendrá una mayor diferencia entre dichos valores cuanto mayor sea el hueco que tenga la máscara de la lesión.

	ISIC_000024		ISIC_0000509	
	Antes	Después	Antes	Después
SENSIBILIDAD	0,54528	0,550497	0,67774	0,93480
EXACTITUD	0,84747	0,849204	0,90479	0,98064
ÍNDICE DE JACCARD	0,54282	0,548015	0,67747	0,93442
COEF. DICE	0,70367	0,708023	0,80773	0,96610
CONFORMIDAD	0,15778	0,175235	0,52393	0,92982
MDCP	105,09	95,16632	46,8859	8,87339
DISTANCIA HAUSDORFF	301,68	301,68	194,98	60,87

Tabla 5-19. Comparativa de medidas antes y después de aplicar *imfill*.

5.7.3 Efecto de la aleatoriedad de la obtención de los histogramas de referencia

El hecho de que se elijan los histogramas de manera completamente aleatoria hace que este método tenga un comportamiento complicado de repetir ya que, los resultados obtenidos dependen de:

1. Del histograma de referencia elegido
2. Del número de centroides con los que se ha remapeado las imágenes

A continuación, se va a exponer un ejemplo de este problema que se ha encontrado, utilizando 25 centroides y cinco histogramas de referencia.

Se ha ejecutado el algoritmo en dos ocasiones. En la primera ejecución, los histogramas usados de referencia para la piel y lunar son los expuestos desde la Figura 5-39 hasta la Figura 5-43Figura 5-41, obteniendo la segmentación mostrada en la Figura 5-44 y cuyos resultados de las medidas de evaluación de región y contorno son los que se pueden ver en la primera columna de la Tabla 5-20.

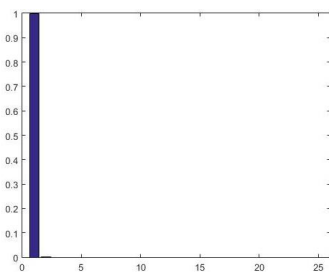


Figura 5-39. Histograma lunar 1.

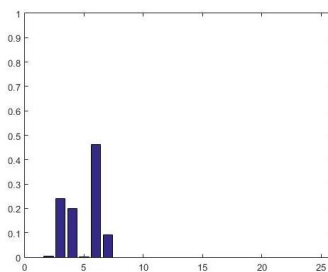


Figura 5-40. Histograma lunar 2.

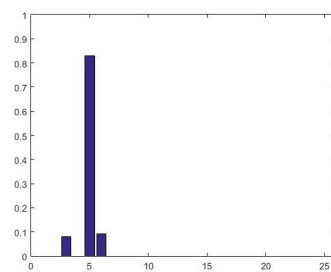


Figura 5-41. Histograma lunar 3.

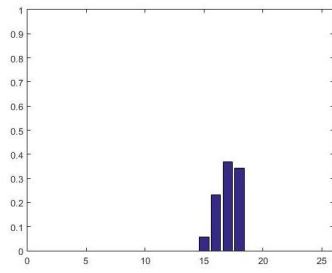


Figura 5-42. Histograma piel 1.

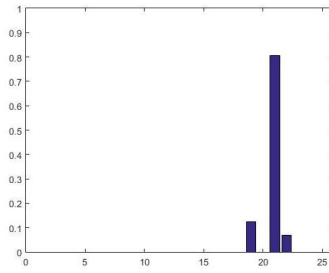


Figura 5-43. Histograma piel 2.

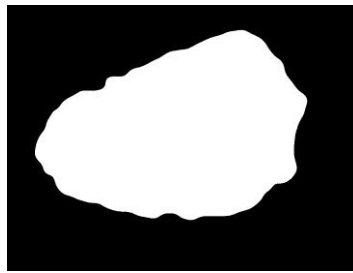


Figura 5-44. Máscara de la primera ejecución.

En segundo lugar, se ha vuelto a ejecutar el mismo algoritmo, sin cambiar ninguna variable. Los histogramas extraídos de referencia para la piel y lunar en este caso serán los expuestos desde la Figura 5-45 hasta la Figura 5-49. De esta forma, se obtiene la segmentación de la Figura 5-50. Por último, los resultados obtenidos son los de la segunda columna de la Tabla 5-20.

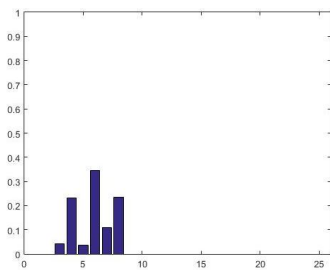


Figura 5-45. Histograma lunar 1.

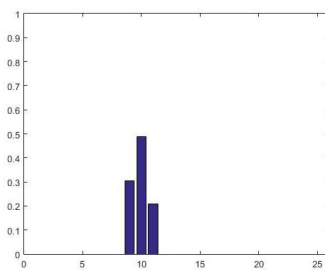


Figura 5-46. Histograma lunar 2.

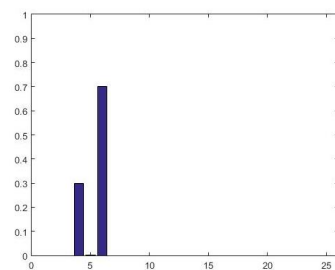


Figura 5-47. Histograma lunar 3.

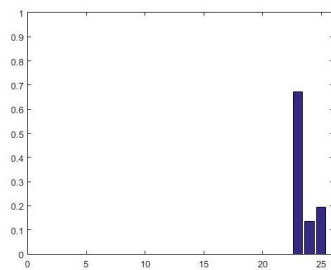


Figura 5-48. Histograma piel 1.

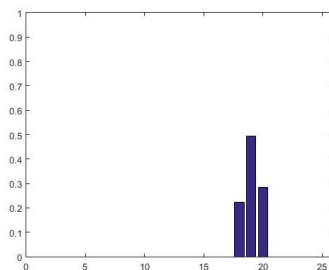


Figura 5-49. Histograma piel 2.

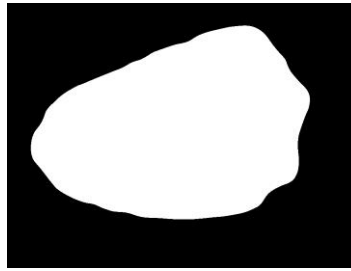


Figura 5-50. Máscara de la segunda ejecución.

	EJECUCIÓN 1	EJECUCIÓN 2
SENSIBILIDAD	0,8251	0,8965
SENSIBILIDAD η_{sbl}	1,0000	1,0000
ESPECIFICIDAD	1,0000	1,0000
EXACTITUD	0,9186	0,9518
ÍNDICE DE JACCARD	0,8251	0,8965
COEF. DICE	0,9042	0,9454
PPV	1,0000	1,0000
CONFORMIDAD	0,7881	0,8846
MDCP	27,50	15,72
DIST. HAUSDORFF	53,24	30,53
TIEMPO	108,5572	214,7654

Tabla 5-20. Resultados tras la ejecución repetida del algoritmo para la misma imagen.

Tal y como se puede comprobar, la segmentación, al estar tan ligada a los histogramas seleccionados de una forma aleatoria, hace que ésta sea poco precisa. Esto se debe a que, en algunas situaciones, se puede llegar a elegir un histograma de referencia que esté cerca del borde del lunar, donde por norma general, suele haber más variación de color, y por tanto de índices de centroides.

6 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Después de analizar todos los resultados obtenidos para los distintos caminos seguidos se puede concluir que:

- Si se tuviera que elegir entre uno de los dos métodos con etiquetas de color, el que mejor resultados ha proporcionado ha sido el de las 4 etiquetas.
- Aunque en algunas ocasiones, los resultados devueltos por el método de los histogramas, en todos los casos de tamaño de disco de dilatación, son mejores que el método de 4 etiquetas de color, al comprobar los resultados de las máscaras visualmente, se corrobora que el algoritmo implementado de las 4 etiquetas de color es mejor que el de los histogramas, ya que éste no depende de la aproximación a los centroides que se haya hecho ni de los histogramas de referencia que han sido seleccionados de forma aleatoria.
- Dentro del método de las 4 etiquetas, al analizar los resultados para los distintos tamaños de discos de dilatación, personalmente elegiría hacerla con un disco de tamaño 5. En el Anexo II se puede comprobar cómo la curva se acerca mucho más a la verdad de referencia en este caso respecto de los demás y sin etiquetar en exceso píxeles como Verdaderos Negativos.

Como líneas futuras se podría plantear:

- Realizar un preprocesamiento para realizar una corrección de blancos, ya que supondría que el método de Otsu seleccionase mejor la región del lunar y así poder extraer mejor la información de color.
- Estudiar un posible caso de 5 etiquetas de color, siendo 3 de la lesión pigmentada y otras 2 para la piel sana y comprobar cuánto mejora respecto al de las 4 etiquetas basadas en color.
- Idear un algoritmo más complejo para que la selección aleatoria de histogramas de referencia sea más fiable.

REFERENCIAS






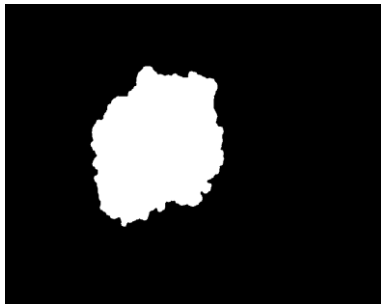
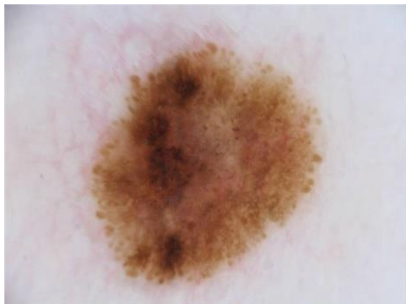

- [1] E. Bae, J. Yuan y X.-C. Tai, «Global Minimization for Continuous Multiphase Partitioning Problems Using a Dual Approach,» *International Journal of Computer Vision*, vol. 92, nº 1, pp. 112-129, 2011.
- [2] American Cancer Society, [En línea]. Available: <https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-piel-de-celulas-basales-y-escamosas/acerca/que-es-cancer-de-piel-de-celulas-basales-y-escamosas.html>. [Último acceso: Mayo-Junio 2017].
- [3] American Cancer Society, [En línea]. Available: <https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-piel-tipo-melanoma/acerca/que-es-melanoma.html>. [Último acceso: Mayo-Junio 2017].
- [4] MELANOMA España, [En línea]. Available: <http://www.melanomaespana.es/respuestas/la-deteccion-temprana/>. [Último acceso: Mayo-Junio 2017].
- [5] S. Rosendo y I. Martín, «Lunares/Nevus. Clasificación. Signos de sospecha y alarma,» 2008.
- [6] B. Acha y C. Serrano, «Apuntes de Tratamiento Digital de Imágenes Médicas,» Sevilla, 2016.
- [7] B. Acha y C. Serrano, «Apuntes de Fundamentos de Procesamiento de Imagen,» Sevilla, 2015.
- [8] R. C. Gonzalez y R. E. Woods, «Digital Image», Tercera Edición ed., New Jersey: PEARSON Prentice Hall, 2008.
- [9] C. Suárez, Tesis Doctoral «Segmentación de tejidos con contornos difusos en imágenes radiológicas», Sevilla: Universidad de Sevilla, 2017.
- [10] J. Jaworek-Korjakowska y R. Tadeusiewicz, «Determination of Border Irregularity in Dermoscopic Color Images of Pigmented Skin Lesions,» de *36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2014.
- [11] J. Fernández Alcón y C. Ciuhu, «Automatic Imaging System With Decision Support for Inspection of Pigmented Skin Lesions and Melanoma Diagnosis,» *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, vol. 3, nº 1, pp. 14 - 25, 2009.
- [12] I. Pirnóg, R. O. Preda, C. Oprea y C. Paleologu, «Automatic Lesion Segmentation for Melanoma Diagnostics in Macroscopic Images,» de *23rd European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*, 2015.
- [13] J. Humayun, A. S. Malik y N. Kamel, «Multilevel thresholding for segmentation of pigmented skin lesions,» de *2011 IEEE International Conference on Imaging Systems and Techniques (IST)*, 2011.

- [14] V. González-Castro, J. Debayle, Y. Wazaefi, M. Rahim, C. Gaudy-Marqueste, J.-J. Grob y B. Fertil, «Texture descriptors based on adaptative neighborhood for classification of pigmented skin lesions,» *Journal of Electronic Imaging*, vol. 24, 2015.
- [15] M. Berseth, *Skin Lession Analysis Towards Melanoma Deteccion*, 2017.
- [16] Y. Yuan, M. Chao y Y.-C. Lo, «Automatic skin lesion segmentation with fully convolutional-deconvolutional networks,» 2017.
- [17] A. Saéz, C. Serrano y B. Acha, «Model-Based Classification Methods of Global Patterns in Dermoscopies Images,» *IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING*, vol. 33, nº 5, pp. 1137 - 1147, 2014.
- [18] Q. Abbas, I. Fondón y M. Rashid, «Unsupervised skin lesions border detection via two-dimensional image analysis,» *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 104, nº 3, pp. e1-e15, 2011.
- [19] J. Kawahara y . G. Hamarneh, «Fully Convolutional Networks to Detect Clinical Dermoscopic Features,» 2017.
- [20] L. Bi, J. Kim, E. Ahn y D. Feng , «Automatic Skin Lesion Analysis using Large-scale Dermoscopic Images and Deep Residual Networks,» 2017.
- [21] M. Silveira, J. C. Nascimento, J. S. Marques, A. R. S. Marçal, T. Mendonça, S. Yamauchi, J. Maeda y J. Rozeira, «Comparison of Segmentation Methods for Melanoma Diagnosis in Dermoscopy Images,» *IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN SIGNAL PROCESSING*, vol. 3, nº 1, pp. 35-45, 2009.
- [22] C. Suárez-Mejias, J. A. Pérez-Carrasco, C. Serrano, J. L. López-Guerra, C. Parra-Calderón, T. Gómez-Cía y B. Acha, «Three-dimensional segmentation of retroperitoneal masses using continuous convex relaxation and accumulated gradient distance for radiotherapy planning,» *Medical & Biological Engineering & Computing*, vol. 55, nº 1, pp. 1-15, 2017.
- [23] E. Ukwatta, J. Yuan, M. Rajchl, W. Qiu, D. Tessier y A. Fenster, «3-D carotid multi-region MRI segmentation by globally optimal evolution of coupled surfaces,» *IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING*, vol. 32, nº 4, pp. 770-785, 2013.
- [24] A. Sáez, Tesis Doctoral «Image Analysis for Diagnostic support in biomedicine: neuromuscular diseases and pigmented lesions», Sevilla: Universidad de Sevilla, 2014.
- [25] J. Lellmann, J. Kappes, J. Yuan, F. Becker y C. Schnörr, «Convex multi-class image labeling by simplex-constrained total variation,» de *International Conference on Scale Space and Variational Methods in Computer Vision*, 2009.
- [26] C. Zach , D. F. Gallup, J. M. Frahm y M. Niethammer, «Fast global labeling for real-time stereo using multiple plane sweeps,» de *International Fall Workshop Vision, Modeling, and Visualization*, 2008.
- [27] J. Yuan, «Continuous Max-Flow (CMF) Algorithm to 2D/3D Multi-Region Image Segmentation v1.0».
- [28] R. Álvarez Cáceres, «El Método Científico en las Ciencias de la Salud», Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 1996.
- [29] H.-H. Chang, A. H. Zhuang, D. J. Valentino y W.-C. Chu, «Performance measure characterization for evaluating neuroimage segmentation algorithms,» *NeuroImage*, vol. 47, nº 1, pp. 122-135, 2009.

- [30] P. Jaccard, «Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et du Jura,» *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, vol. 37, pp. 547-579, 1901.
- [31] WIKIPEDIA - Coeficiente de Sorensen-Dice, [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_Sorensen-Dice. [Último acceso: Mayo-Junio 2017].
- [32] S. Banik, R. M. Rangayyan y G. S. Boag, *Landmarking and Segmentation of 3D CT Images*, Morgan & Claypool, 2009.
- [33] D. P. Kingma y J. Lei Ba, «ADAM: A Method for Stochastic Optimization,» de *International Conference on Learning Representations*, 2015.

ANEXO I

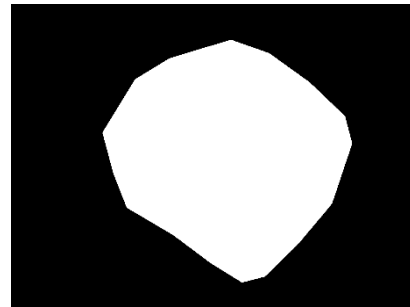
En el Anexo I se exponen todas las imágenes que se han usado para analizar los datos.

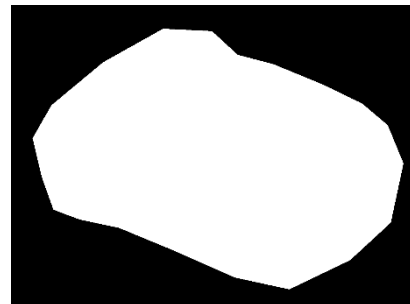
Nombre	Imagen	Ground Truth
ISIC_0000000		
ISIC_0000001		
ISIC_0000006		
ISIC_0000008		

ISIC_0000009

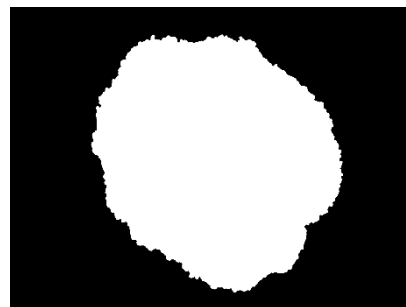
ISIC_0000010

ISIC_0000012

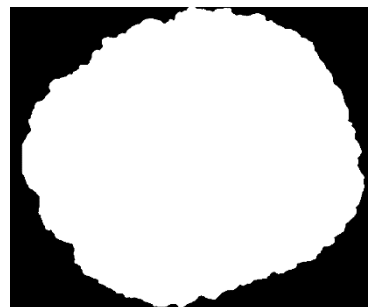
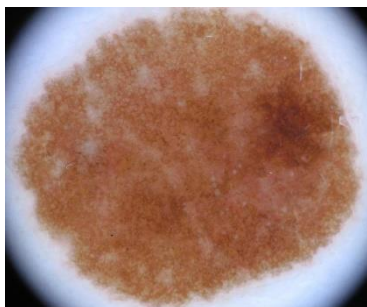
ISIC_0000024

ISIC_0000026

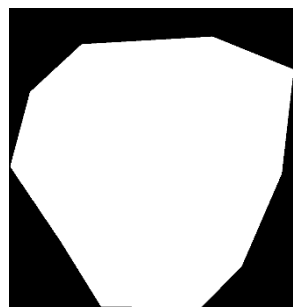
ISIC_0000029



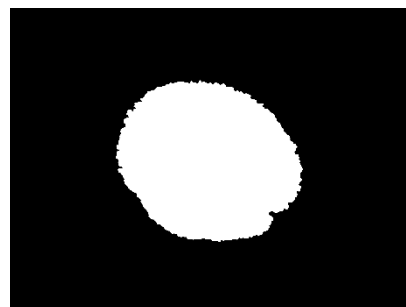
ISIC_0000075



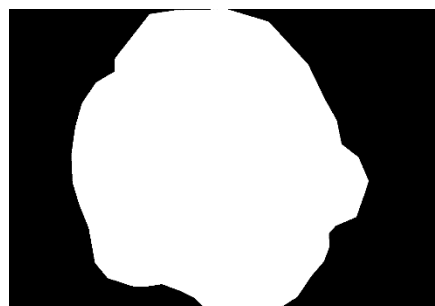
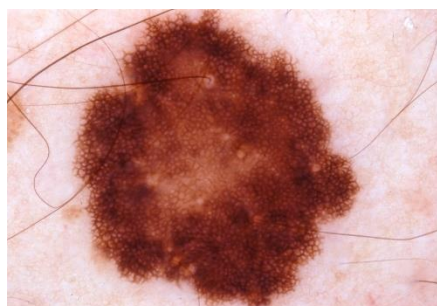
ISIC_0000077

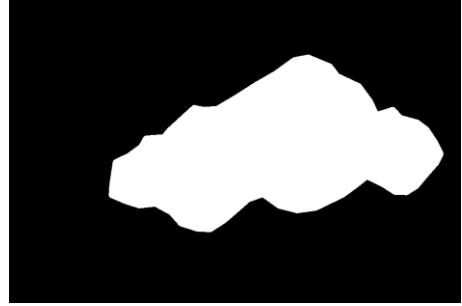
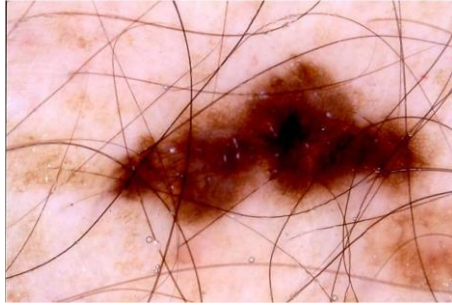
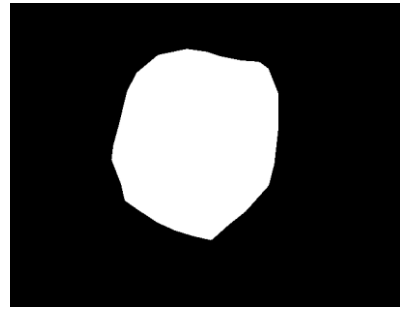
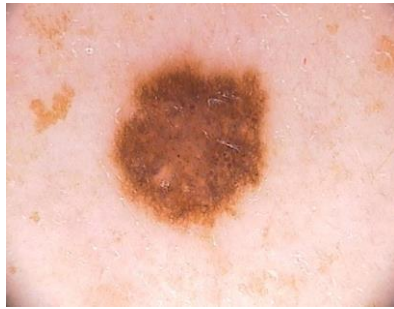
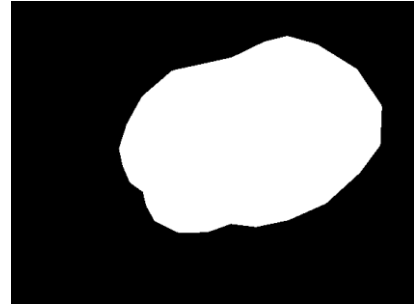
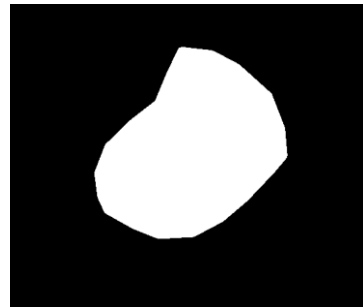
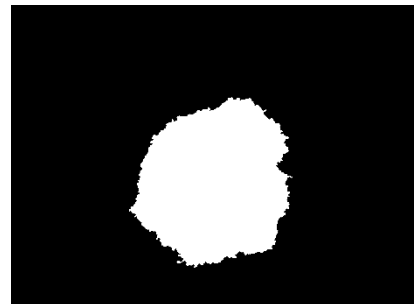


ISIC_0000080

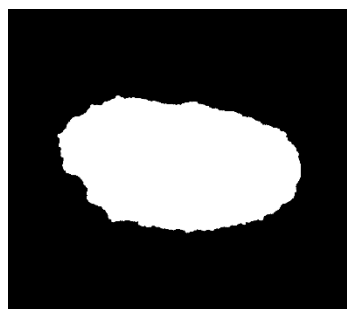


ISIC_0000204

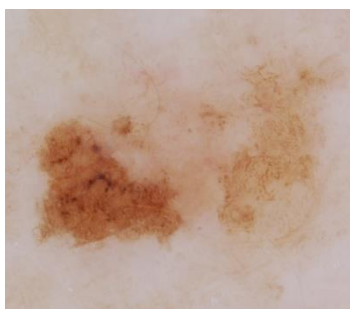


ISIC_0000214**ISIC_0000329****ISIC_0000330****ISIC_0000336****ISIC_0000386**

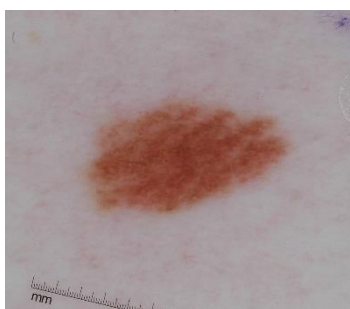
ISIC_0000482



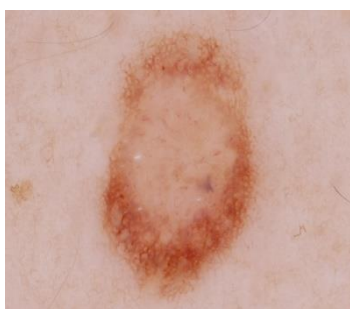
ISIC_0000484



ISIC_0000488

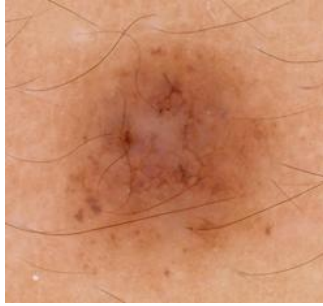


ISIC_0000509



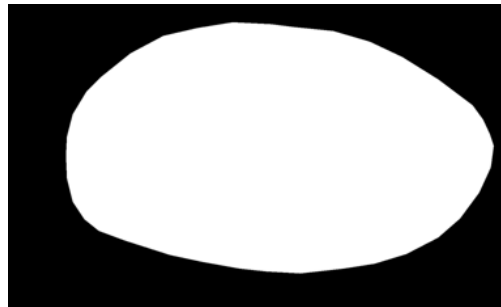
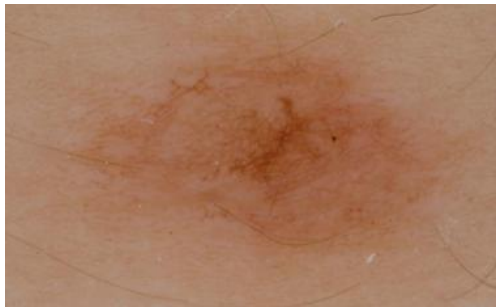
ISIC_0000511

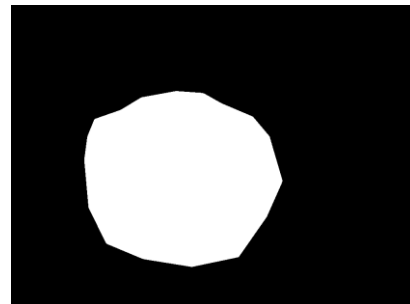
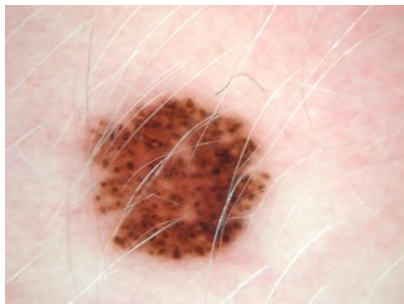


ISIC_0002438

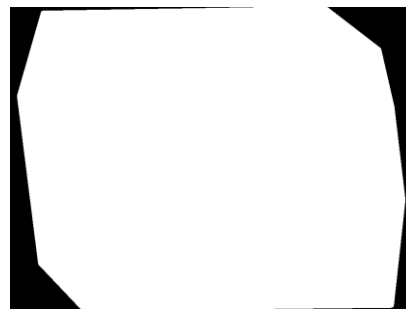
ISIC_0002439

ISIC_0002476

ISIC_0007475

ISIC_0011101

ISIC_0011300



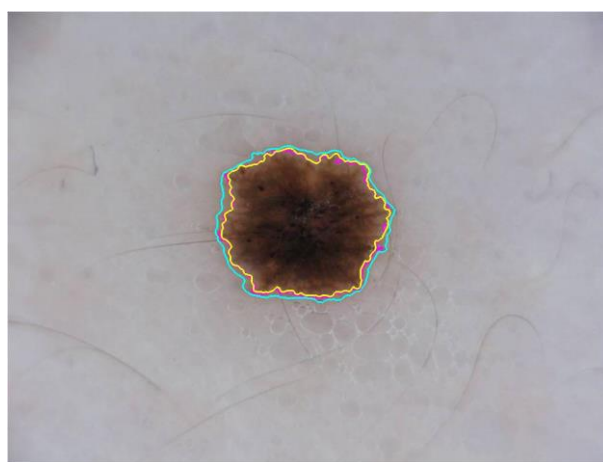
ANEXO II

A continuación, se muestra las imágenes con los bordes de las máscaras obtenidas para el caso de los métodos de 2 y 4 etiquetas, representados por las curvas de color magenta y cyan respectivamente, y la verdad de referencia, representada por la curva amarilla.

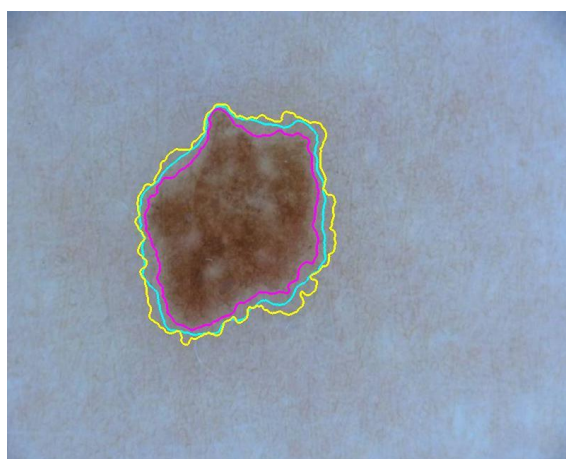
SIN DILATACIÓN



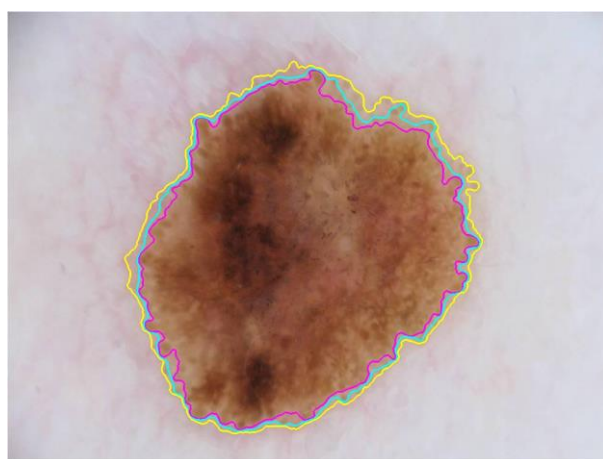
ISIC_0000000



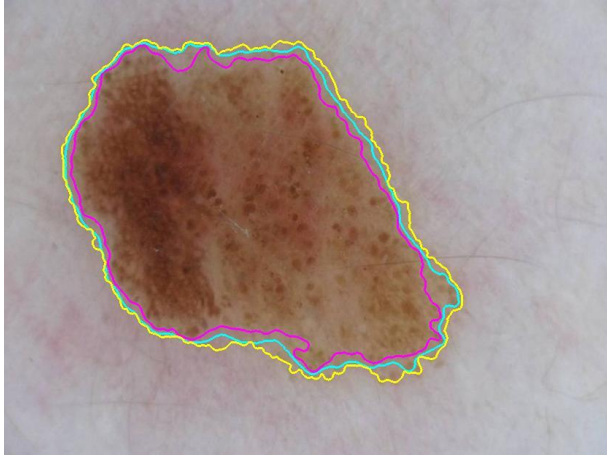
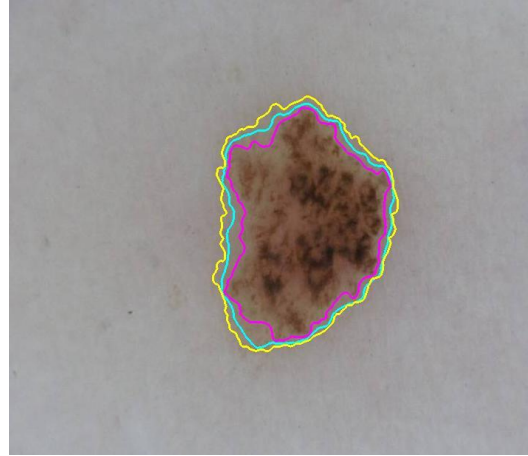
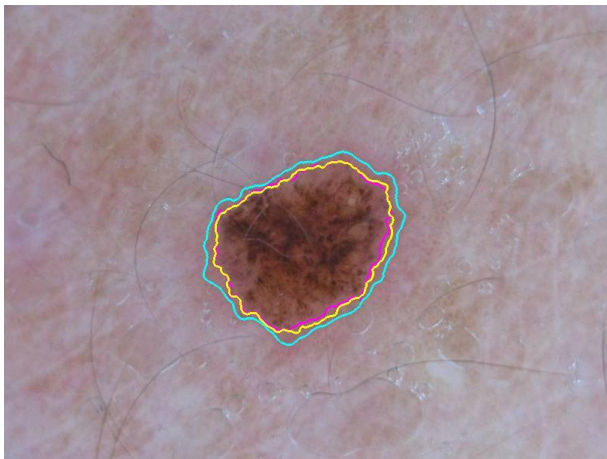
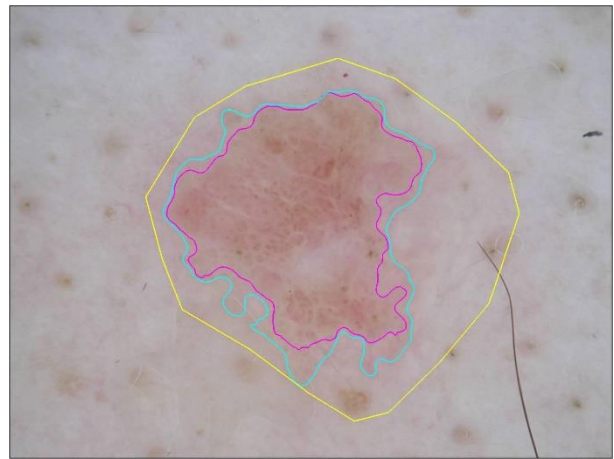
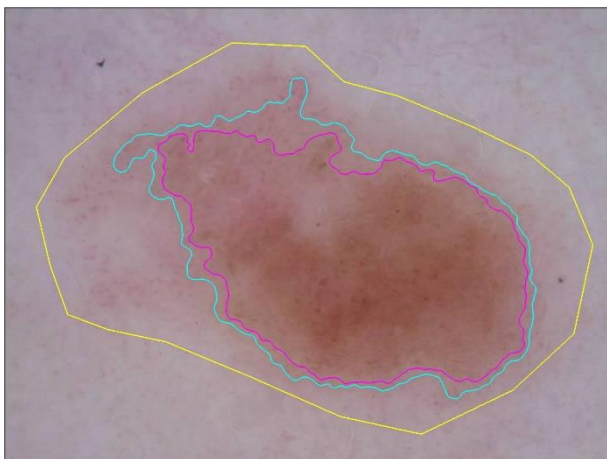
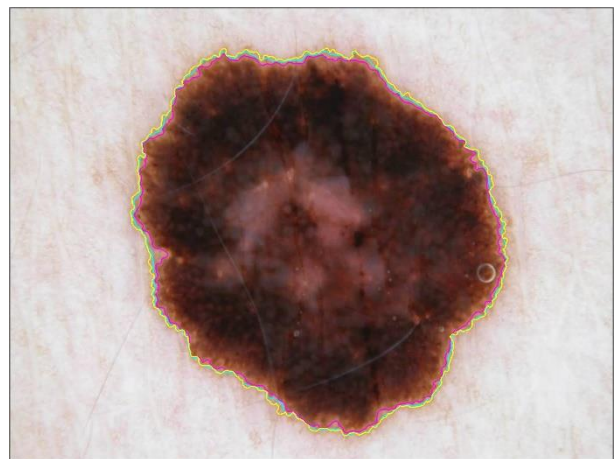
ISIC_0000001

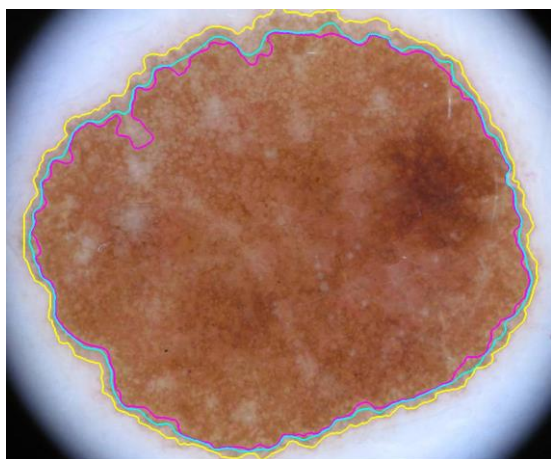


ISIC_0000006

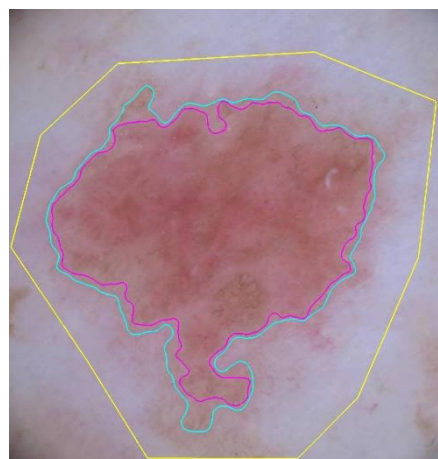


ISIC_0000008

**ISIC_0000009****ISIC_0000010****ISIC_0000012****ISIC_0000024****ISIC_0000026****ISIC_0000029**



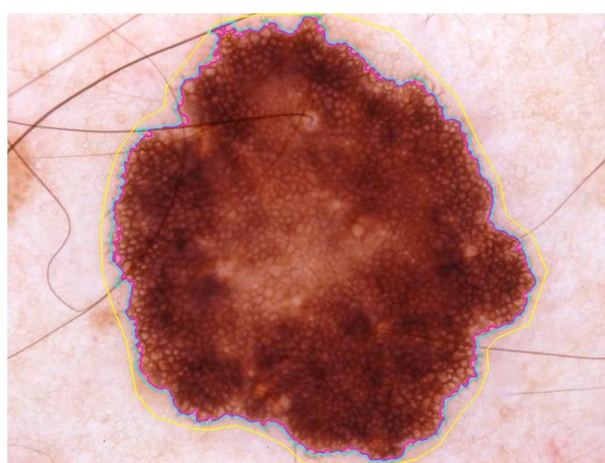
ISIC_0000075



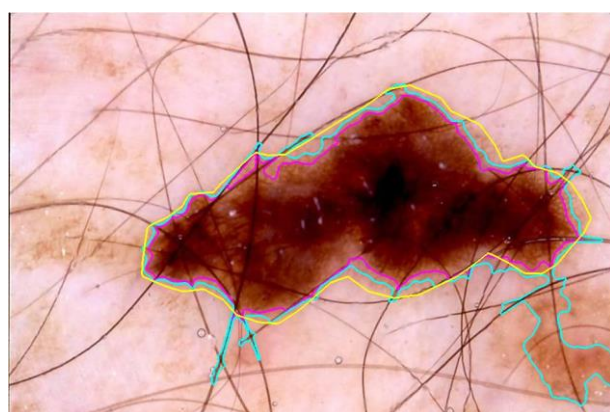
ISIC_0000077



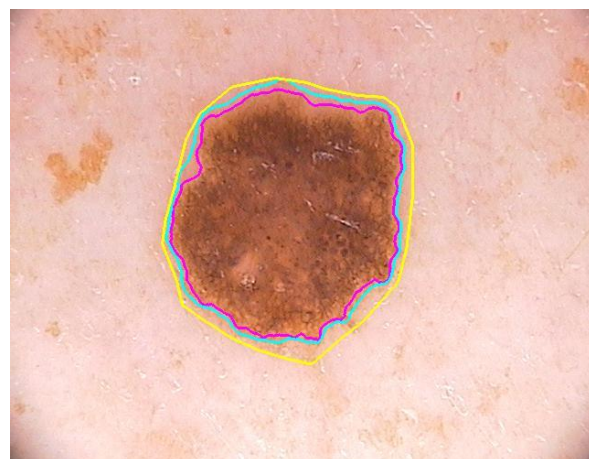
ISIC_0000080



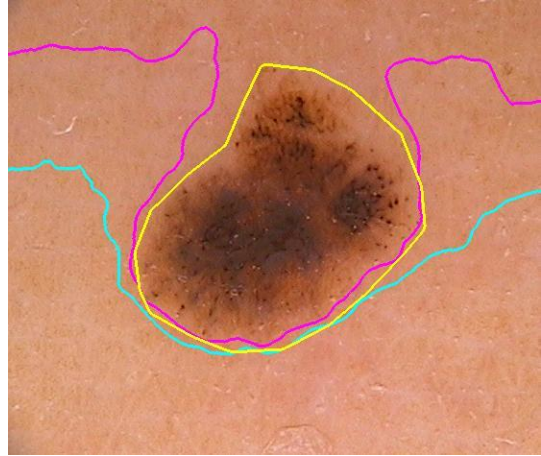
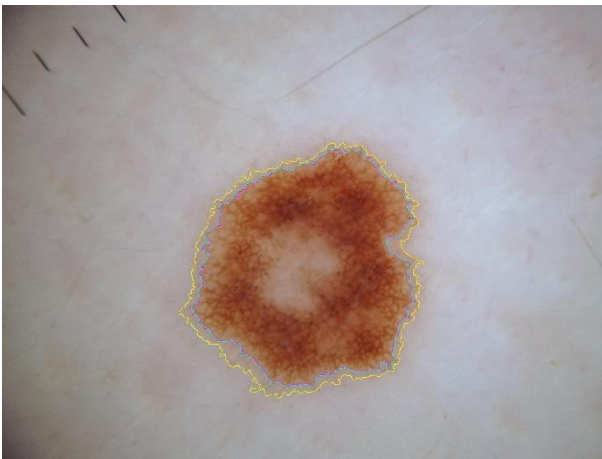
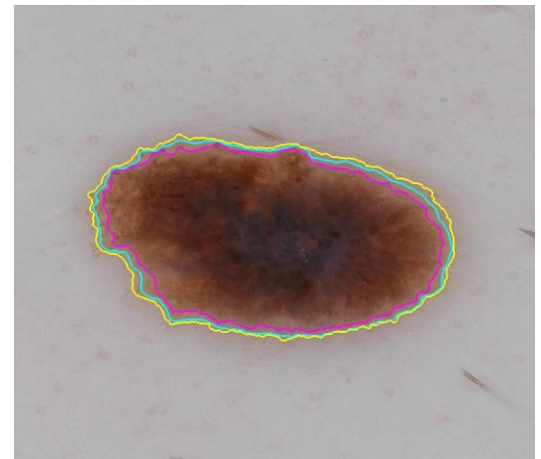
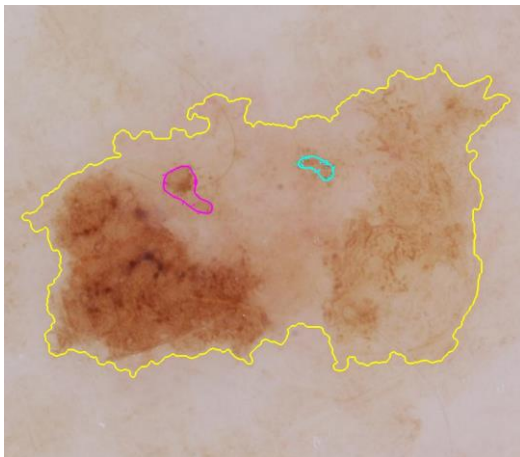
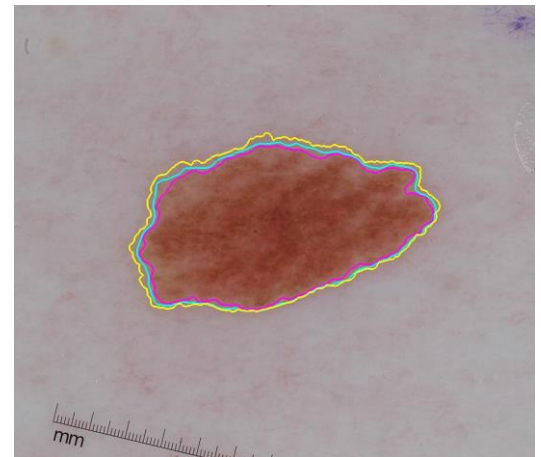
ISIC_0000204

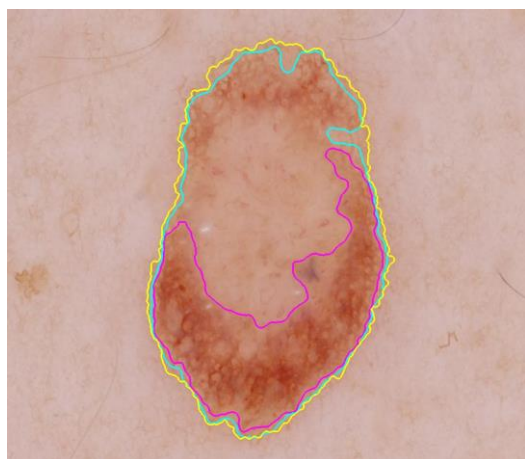


ISIC_0000214

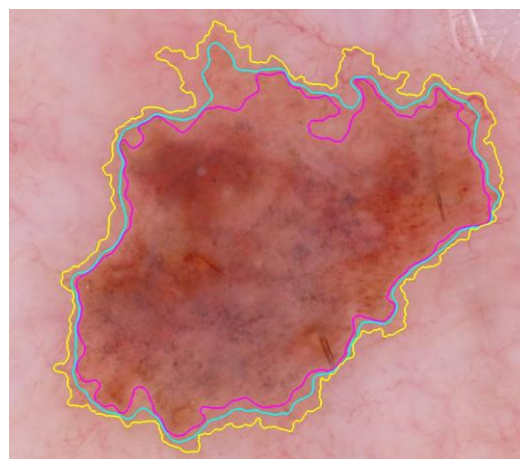


ISIC_0000329

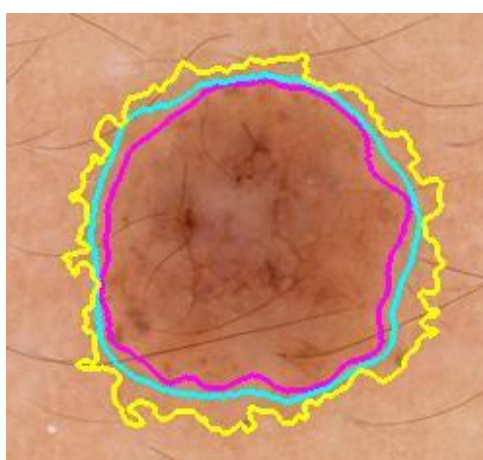
**ISIC_0000330****ISIC_0000336****ISIC_0000386****ISIC_0000482****ISIC_0000484****ISIC_0000488**



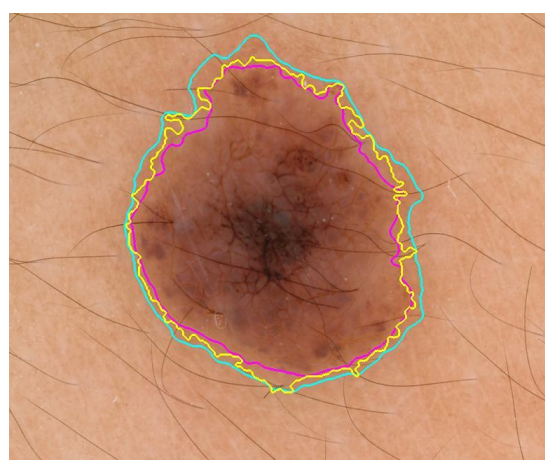
ISIC_0000509



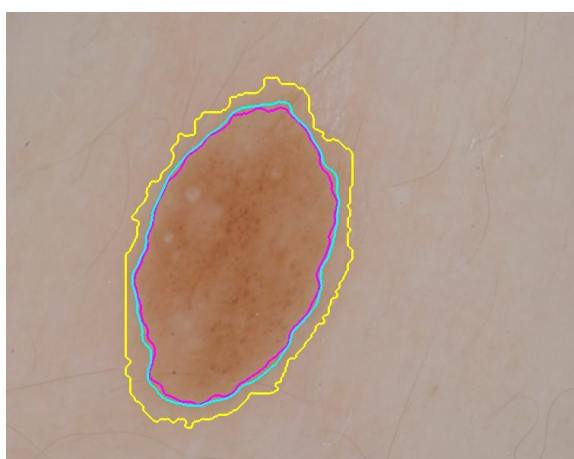
ISIC_0000511



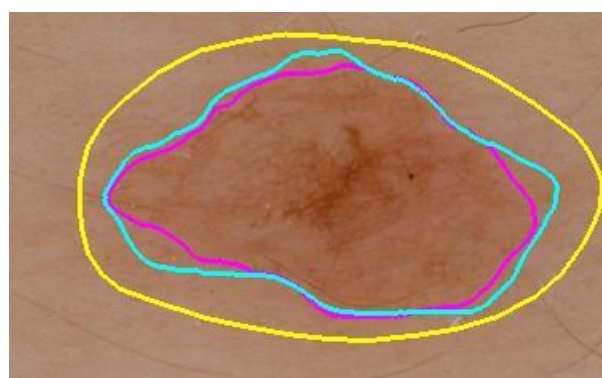
ISIC_0002438



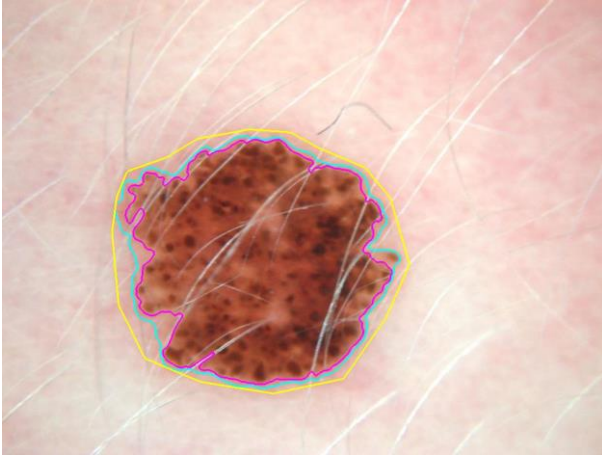
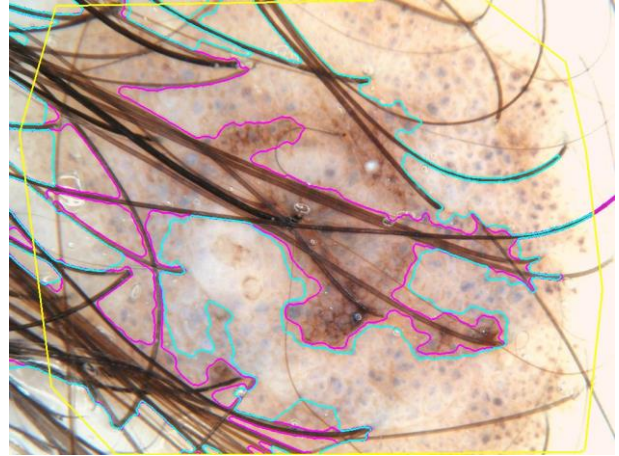
ISIC_0002439



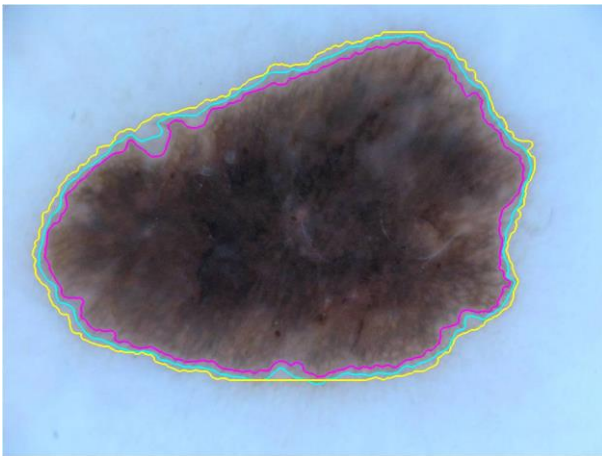
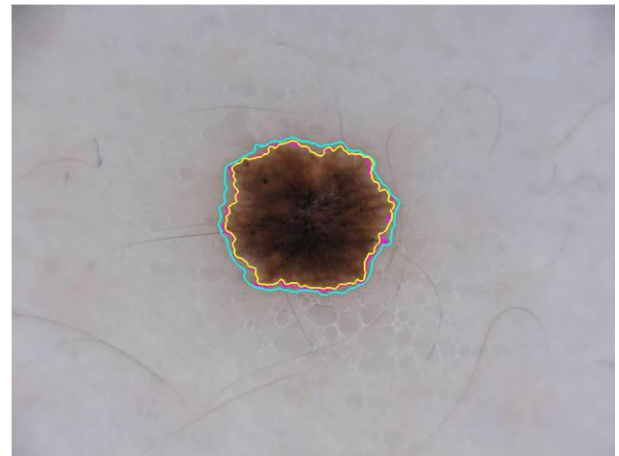
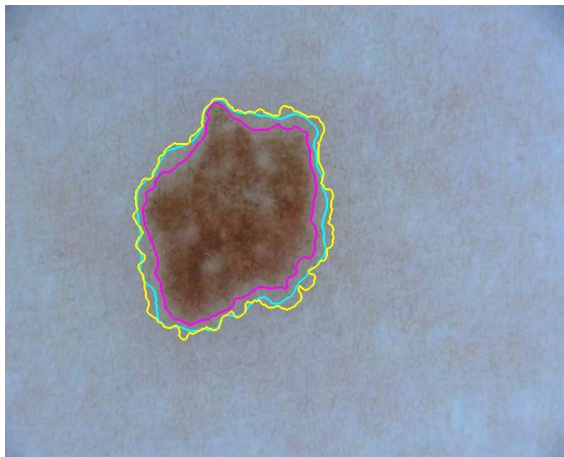
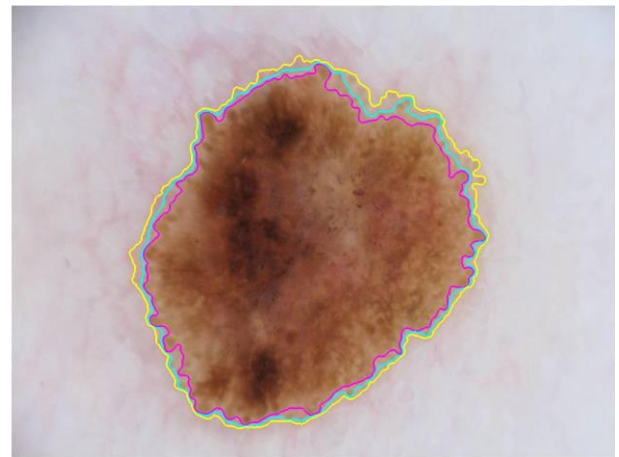
ISIC_0002476

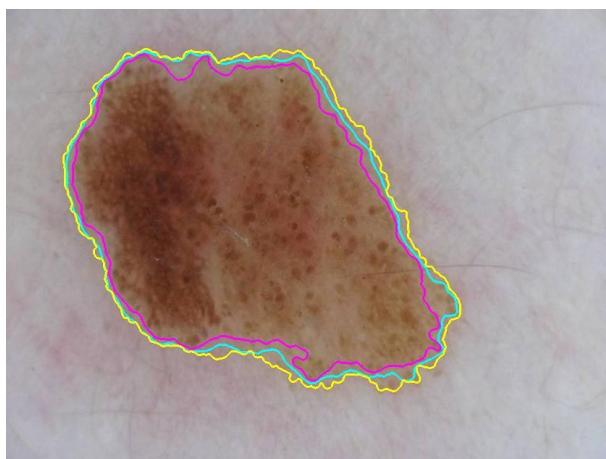


ISIC_0007475

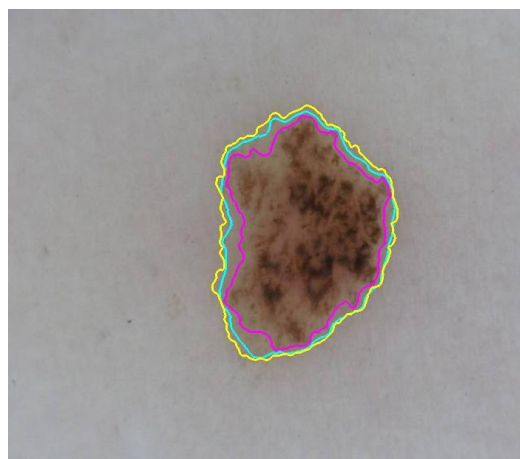
**ISIC_0011101****ISIC_0011300**

DILATACIÓN, TAMAÑO 2

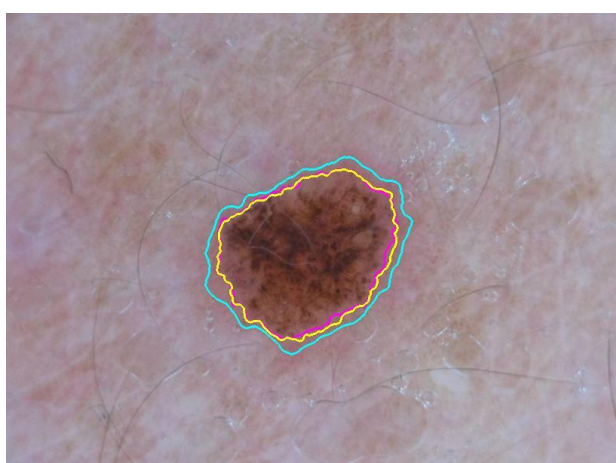
**ISIC_0000000****ISIC_0000001****ISIC_0000006****ISIC_0000008**



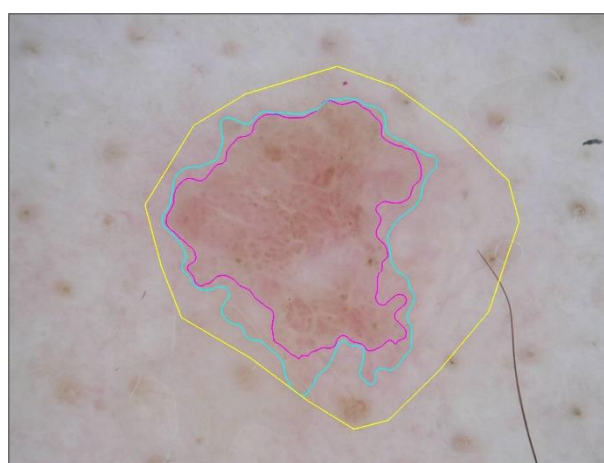
ISIC_0000009



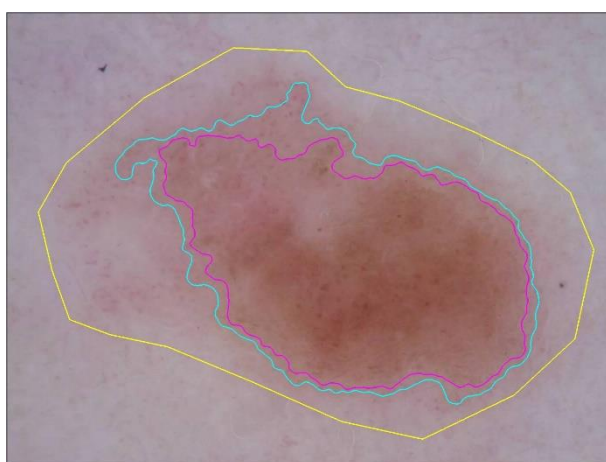
ISIC_0000010



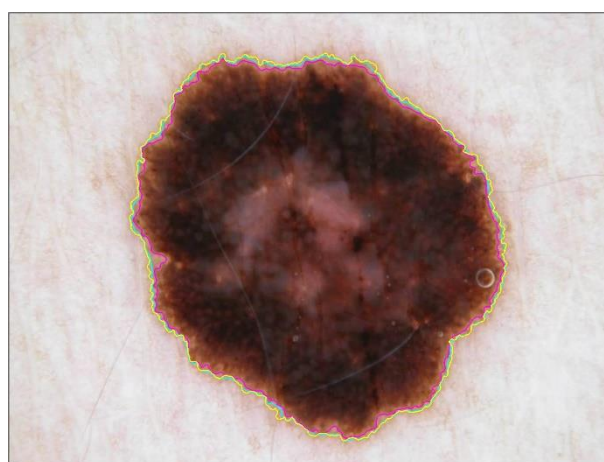
ISIC_0000012



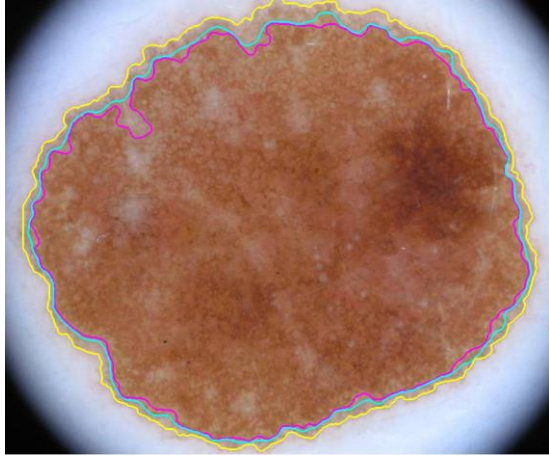
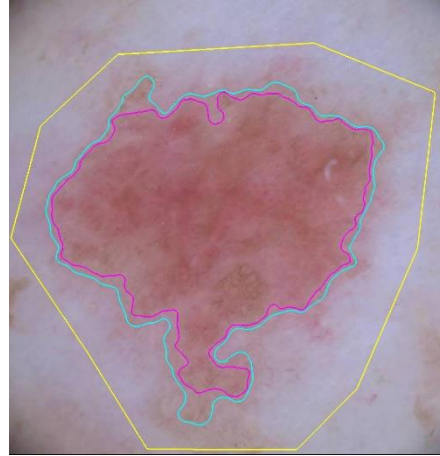
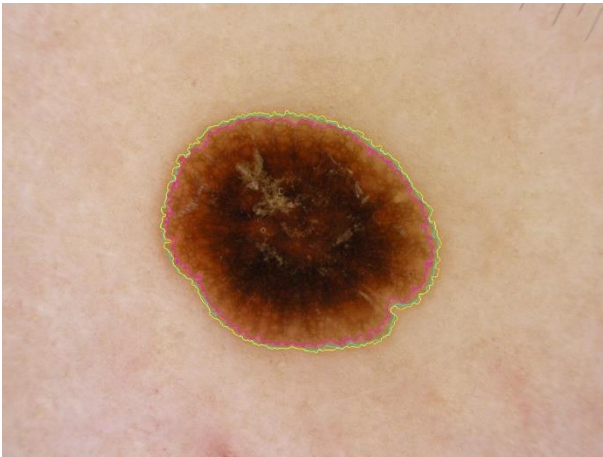
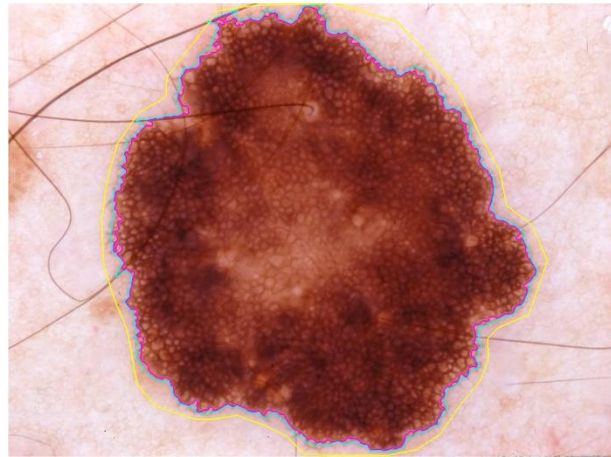
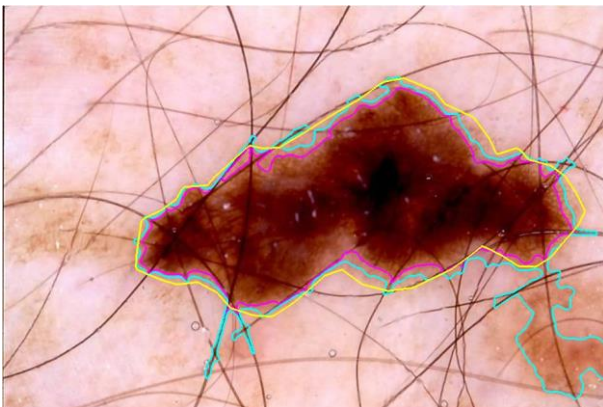
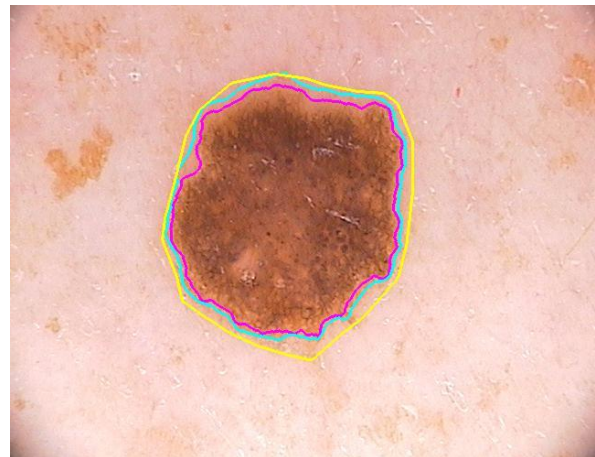
ISIC_0000024



ISIC_0000026

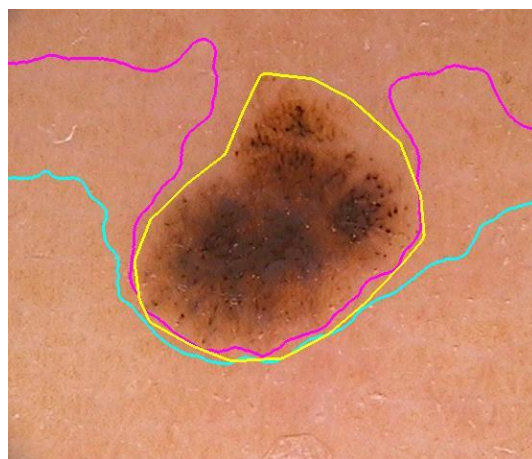


ISIC_0000029

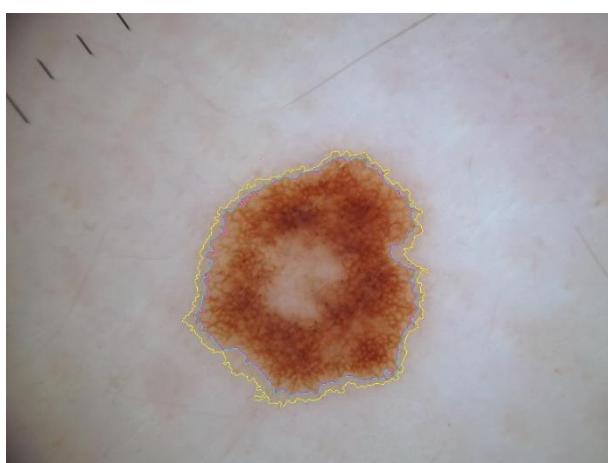
**ISIC_0000075****ISIC_0000077****ISIC_0000080****ISIC_0000204****ISIC_0000214****ISIC_0000329**



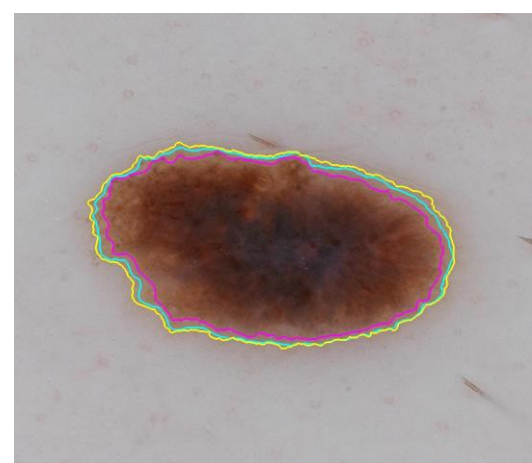
ISIC_0000330



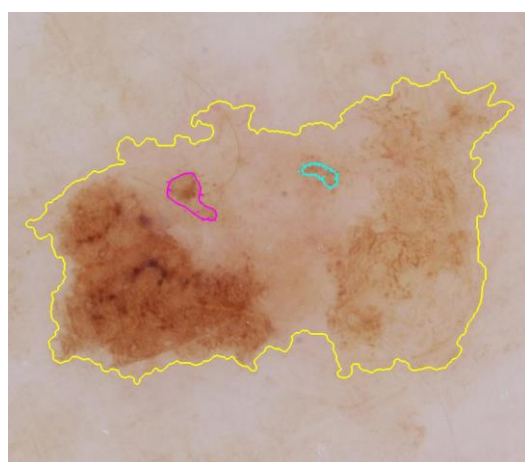
ISIC_0000336



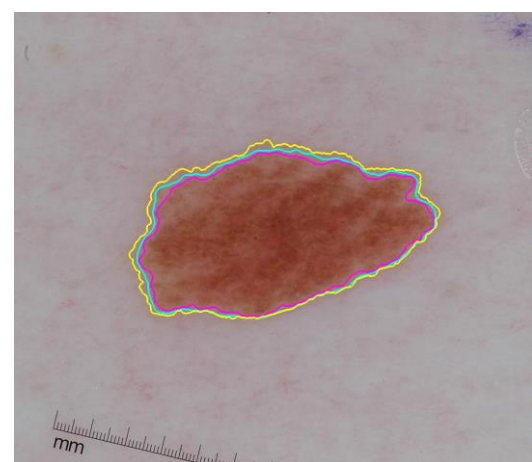
ISIC_0000386



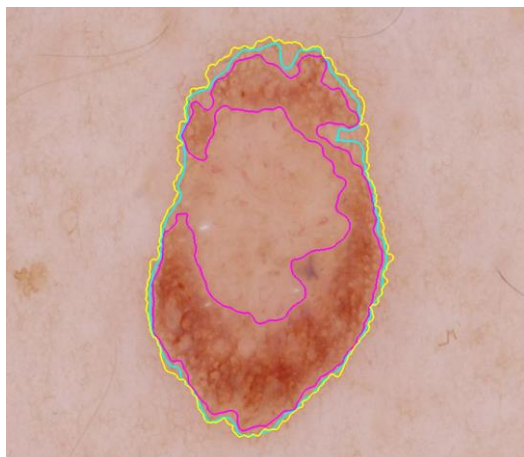
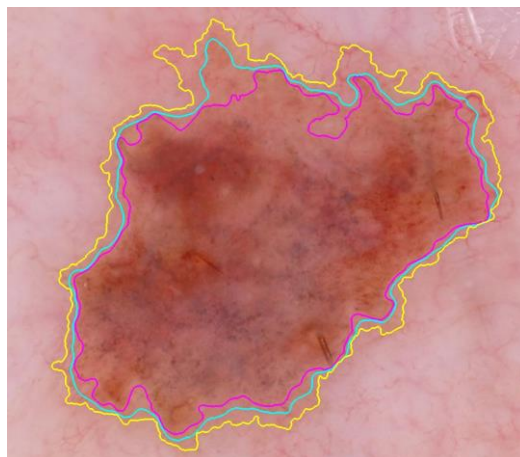
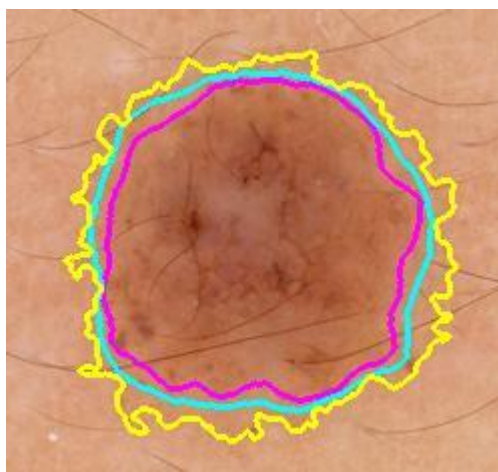
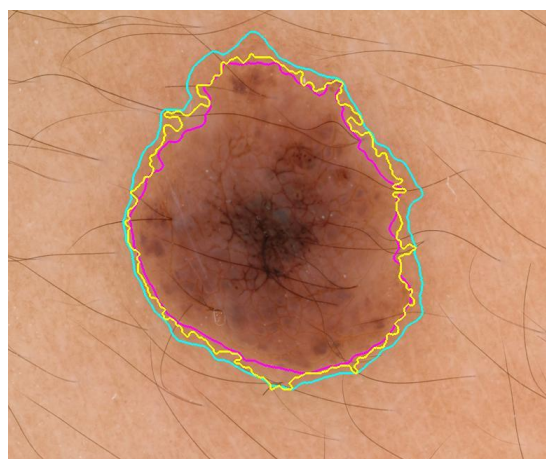
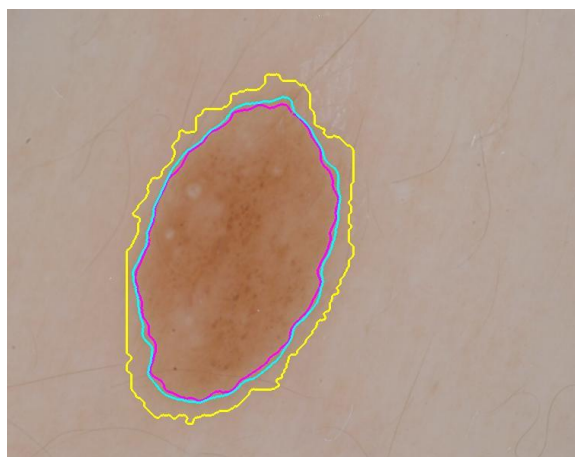
ISIC_0000482

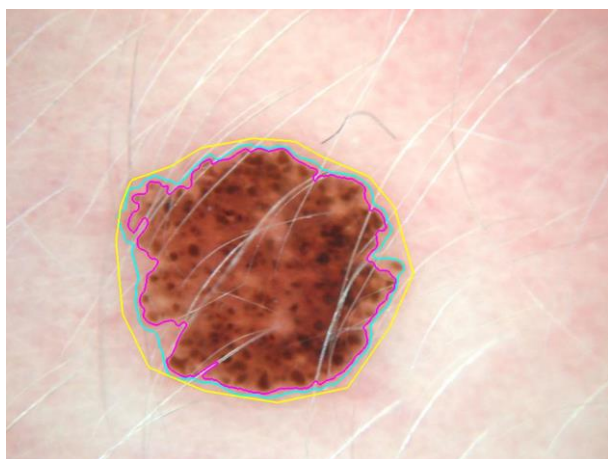


ISIC_0000484

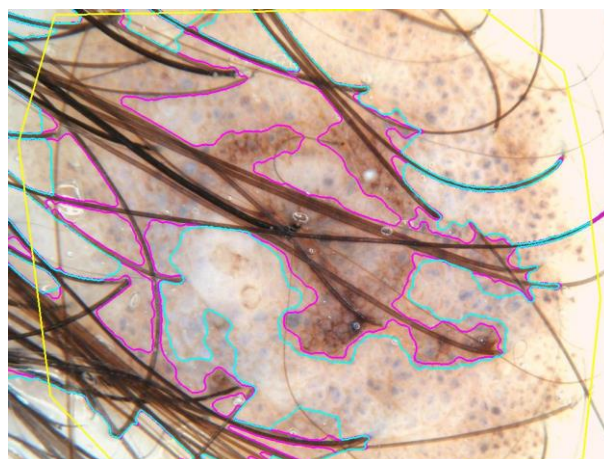


ISIC_0000488

**ISIC_0000509****ISIC_0000511****ISIC_0002438****ISIC_0002439****ISIC_0002476****ISIC_0007475**



ISIC_0011101

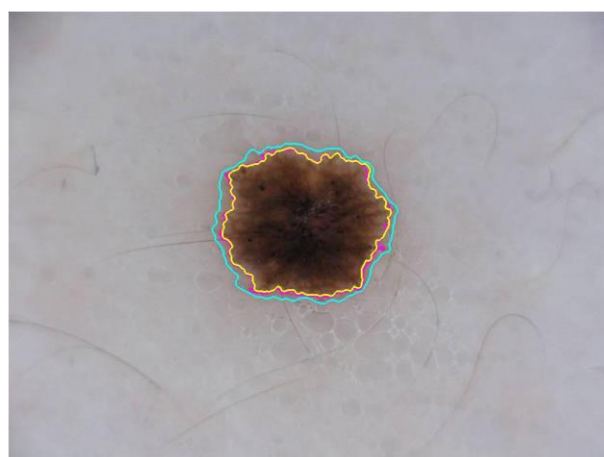


ISIC_0011300

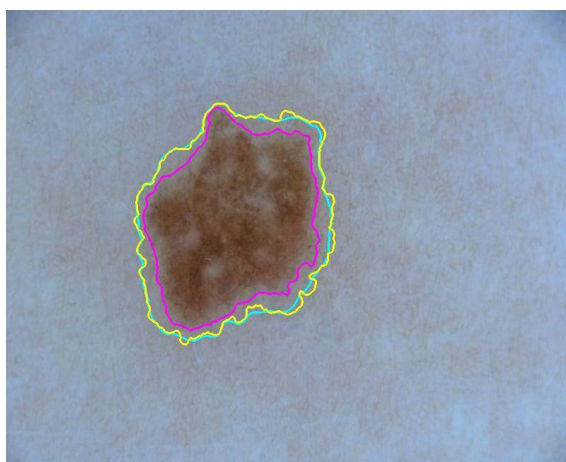
DILATACIÓN, TAMAÑO 5



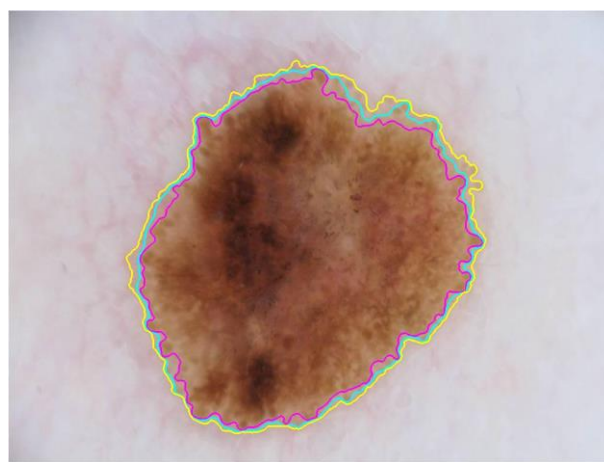
ISIC_0000000



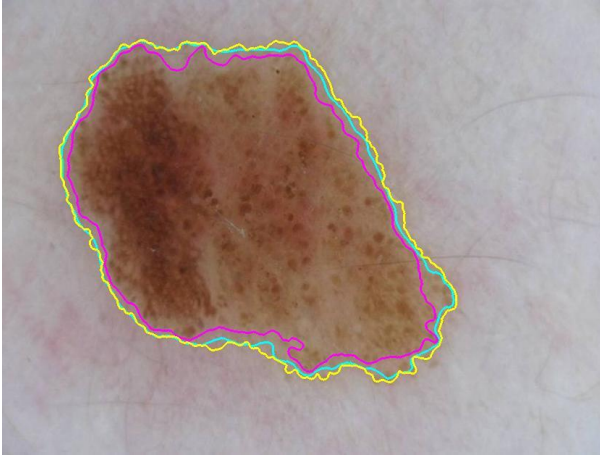
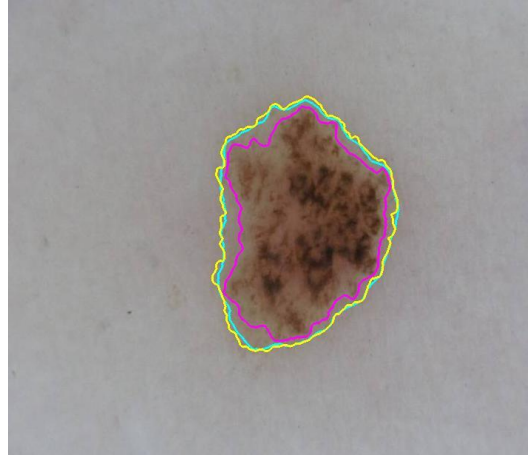
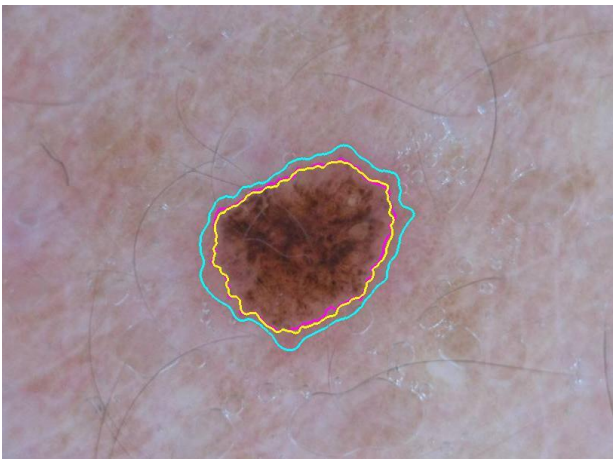
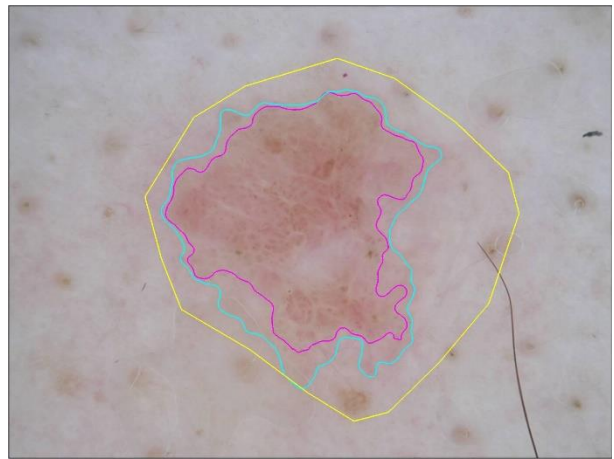
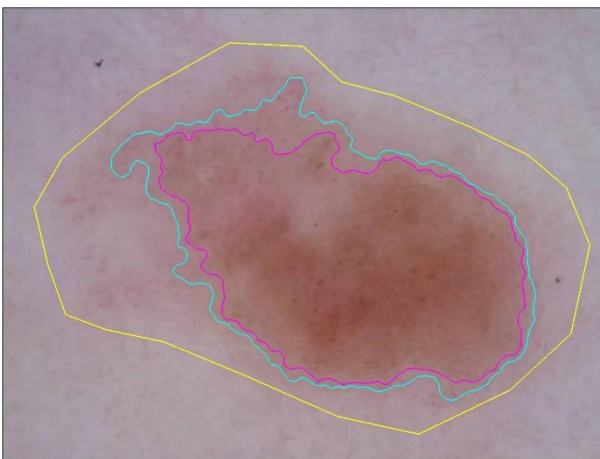
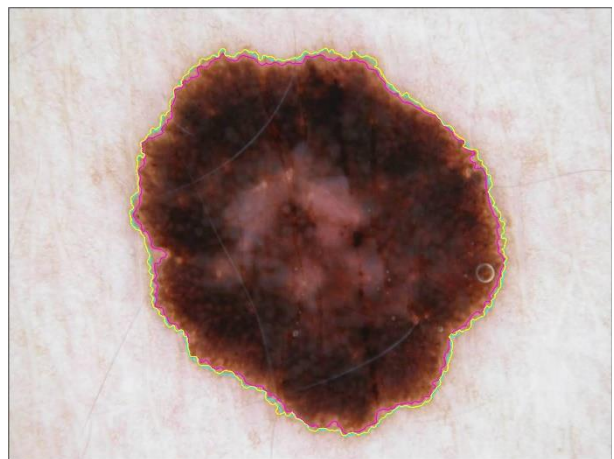
ISIC_0000001

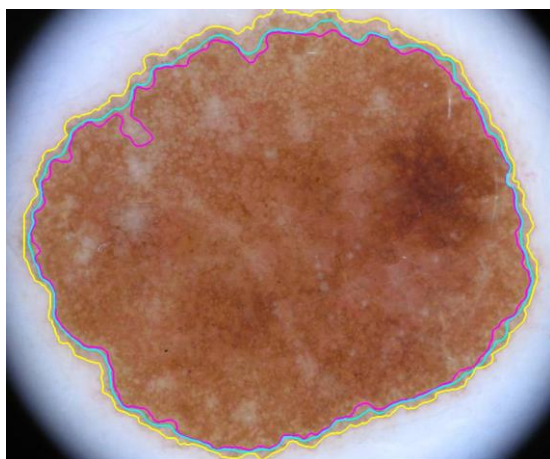


ISIC_0000006

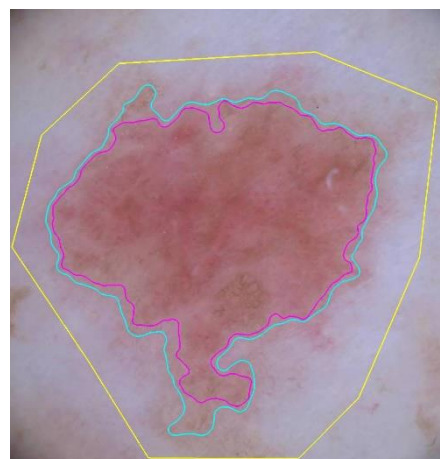


ISIC_0000008

**ISIC_0000009****ISIC_0000010****ISIC_0000012****ISIC_0000024****ISIC_0000026****ISIC_0000029**



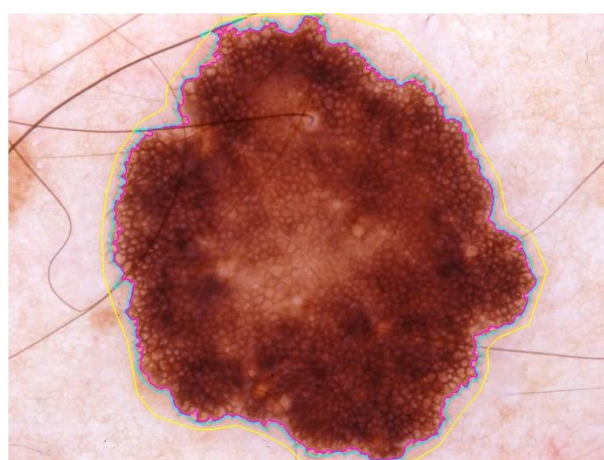
ISIC_0000075



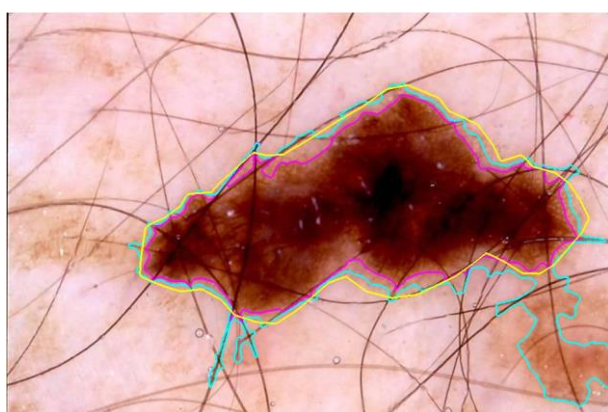
ISIC_0000077



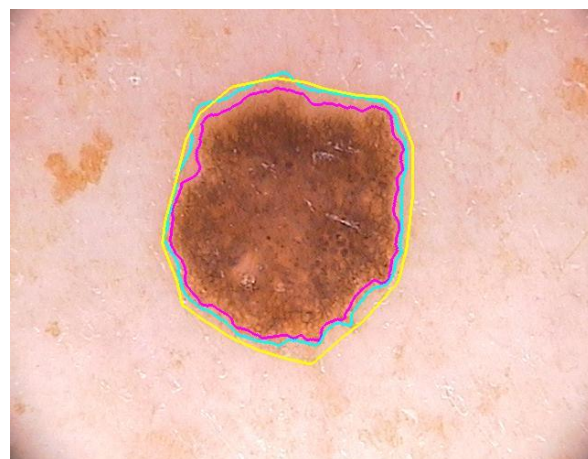
ISIC_0000080



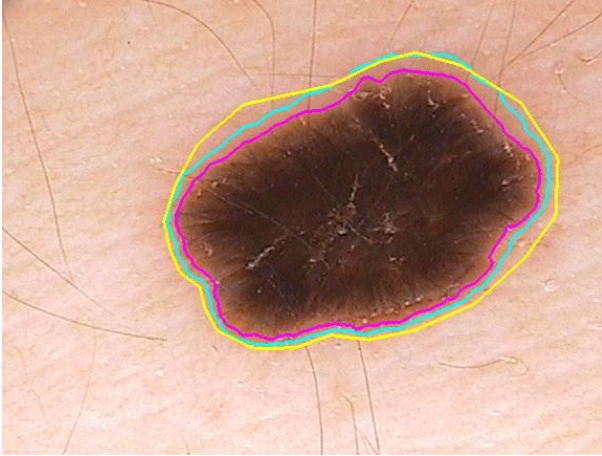
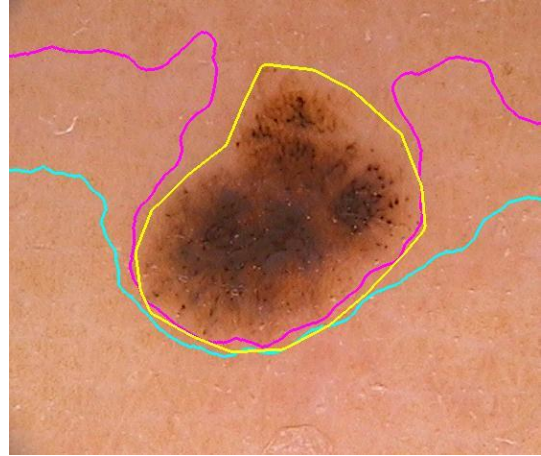
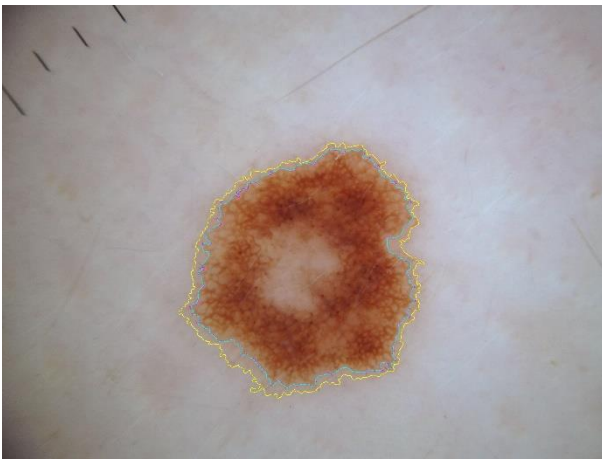
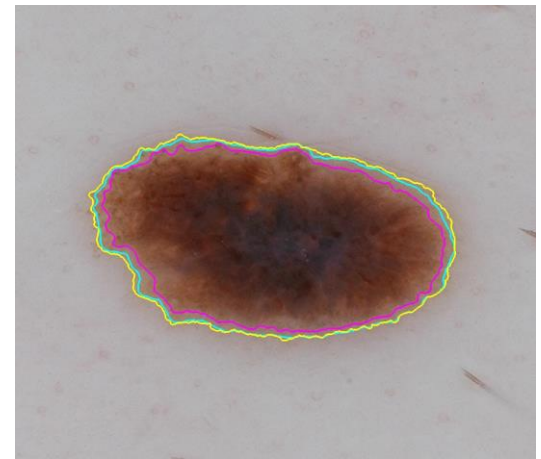
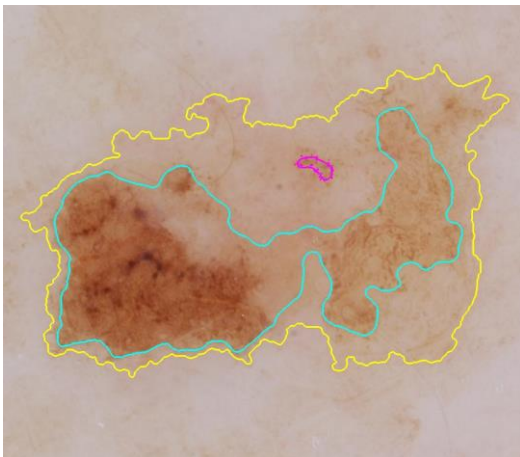
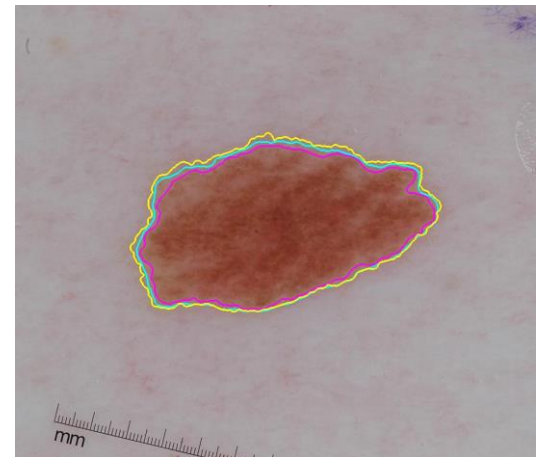
ISIC_0000204

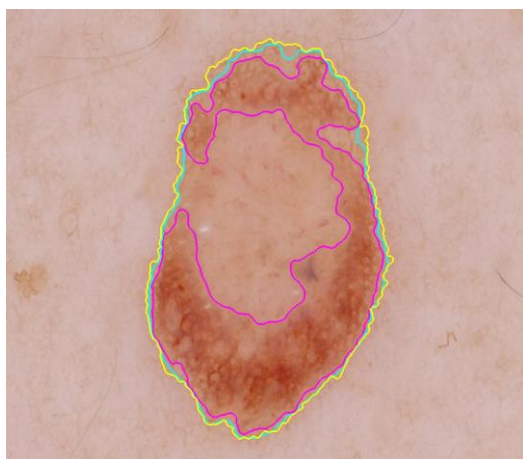


ISIC_0000214

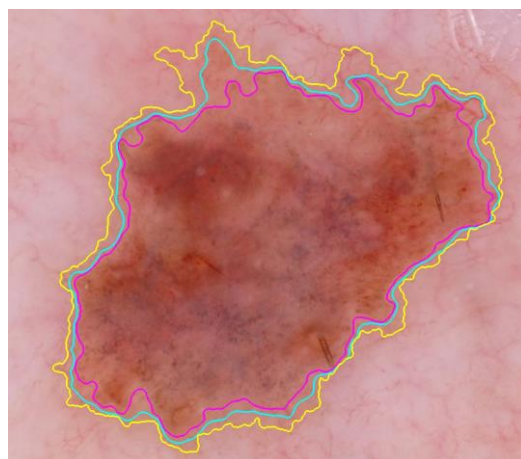


ISIC_0000329

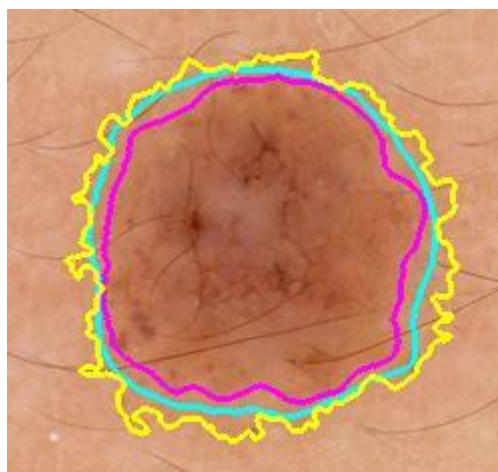
**ISIC_0000330****ISIC_0000336****ISIC_0000386****ISIC_0000482****ISIC_0000484****ISIC_0000488**



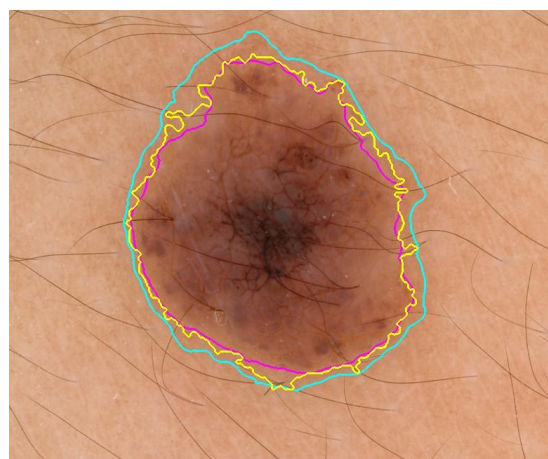
ISIC_0000509



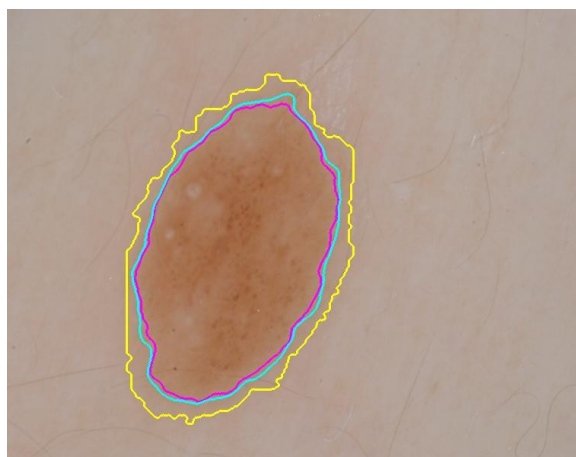
ISIC_0000511



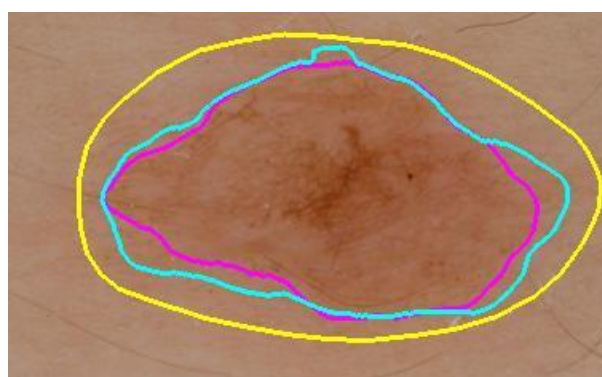
ISIC_0002438



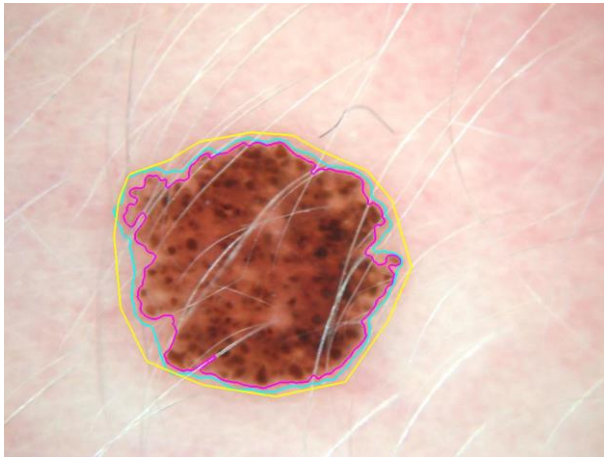
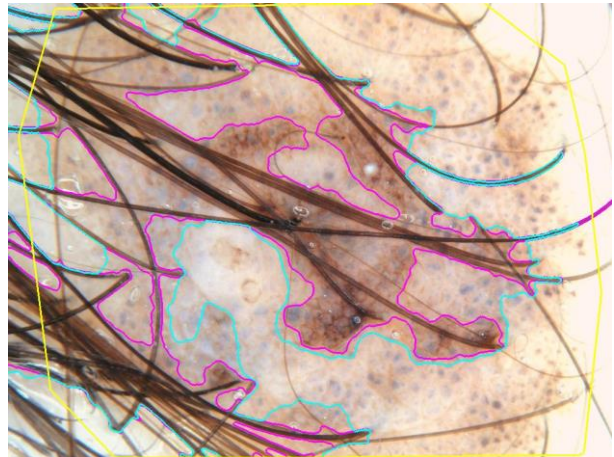
ISIC_0002439



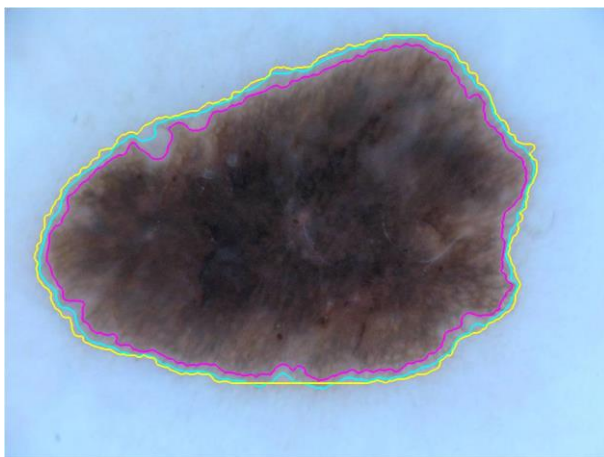
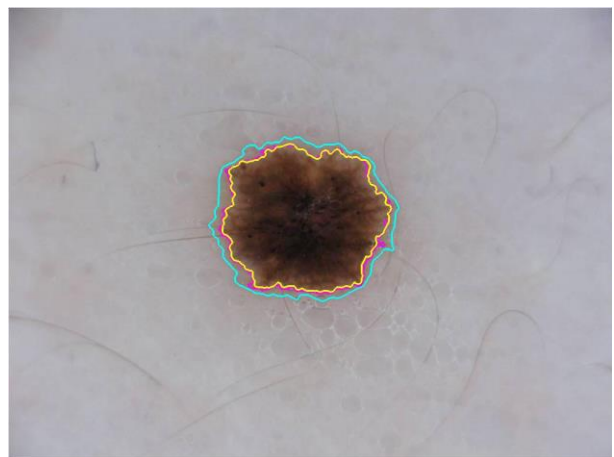
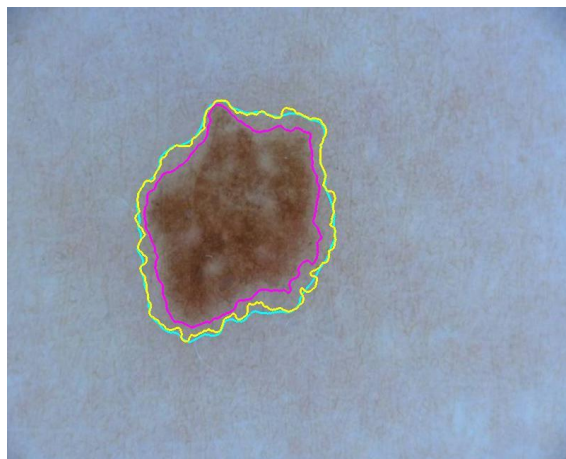
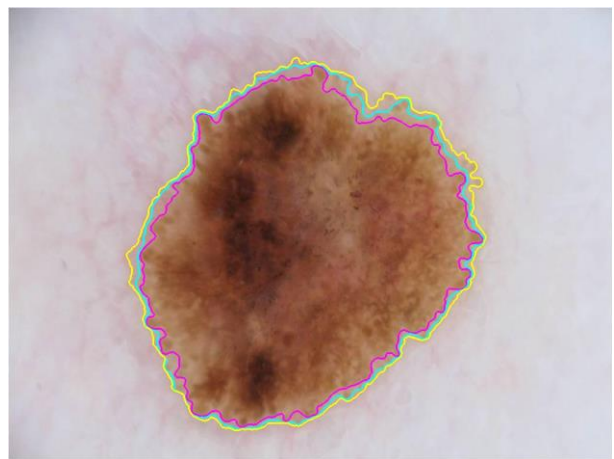
ISIC_0002476

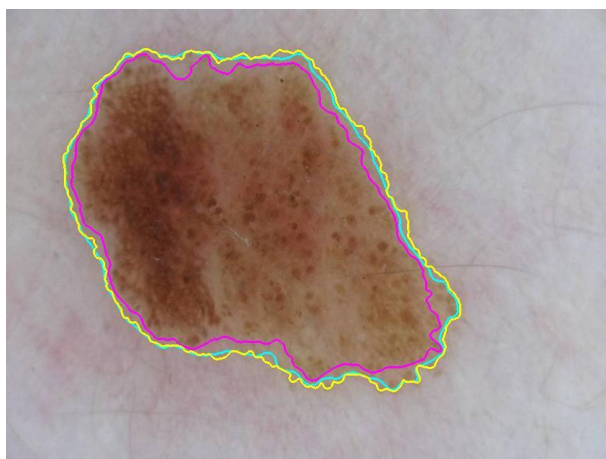


ISIC_0007475

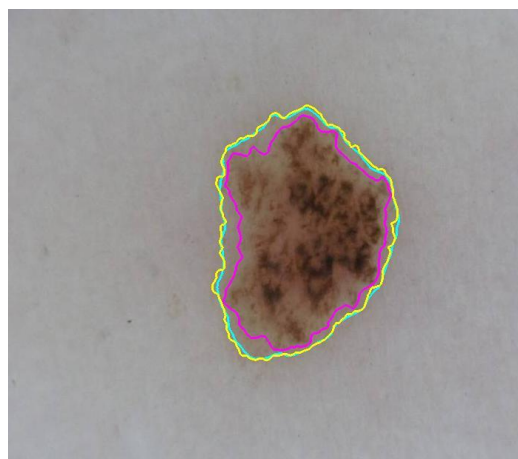
**ISIC_0011101****ISIC_0011300**

DILATACIÓN, TAMAÑO 7

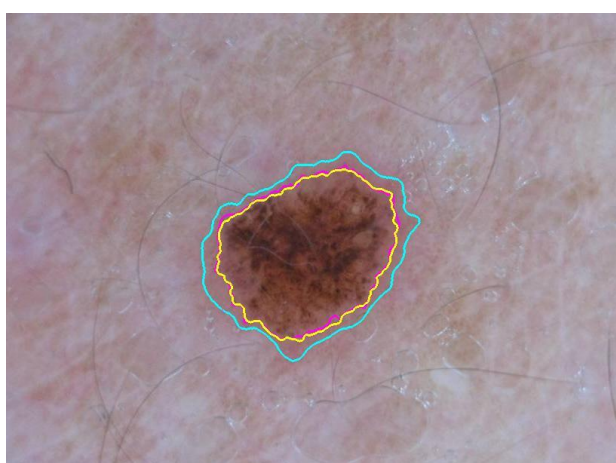
**ISIC_0000000****ISIC_0000001****ISIC_0000006****ISIC_0000008**



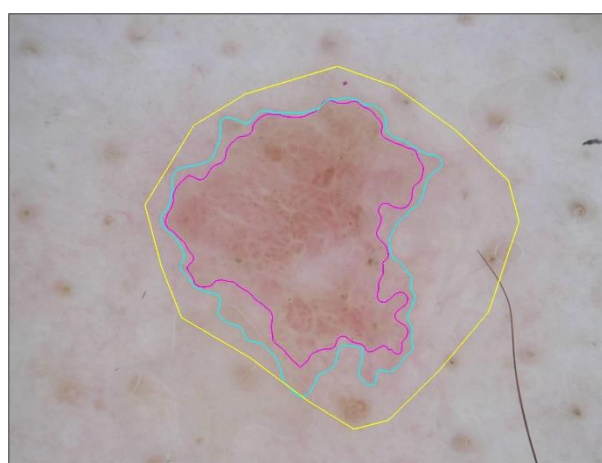
ISIC_000009



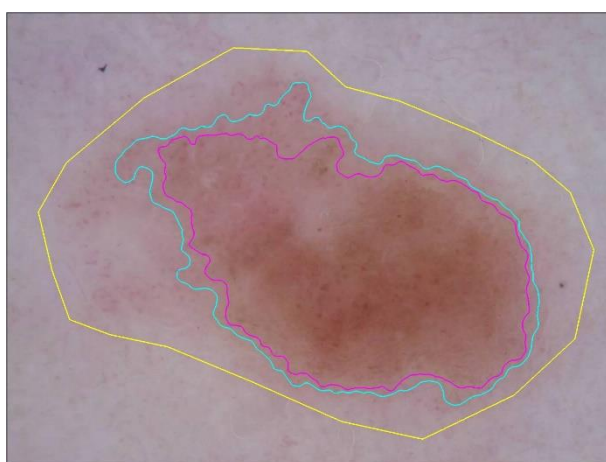
ISIC_000010



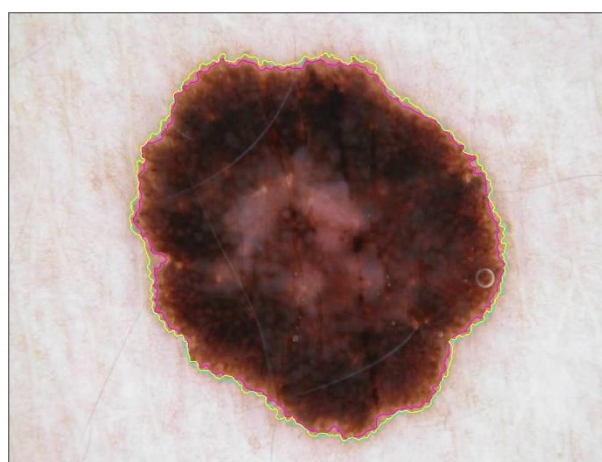
ISIC_000012



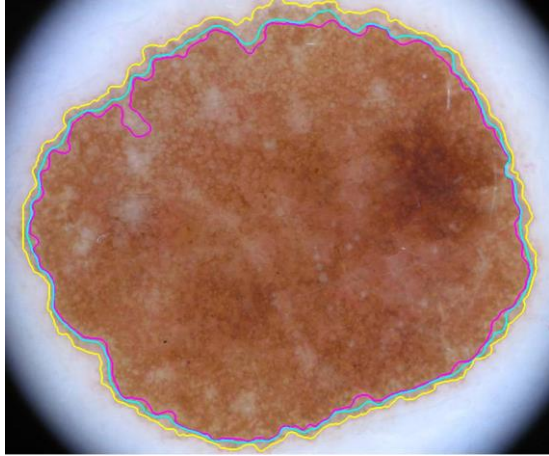
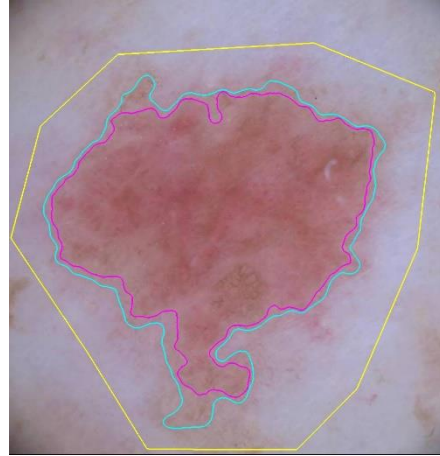
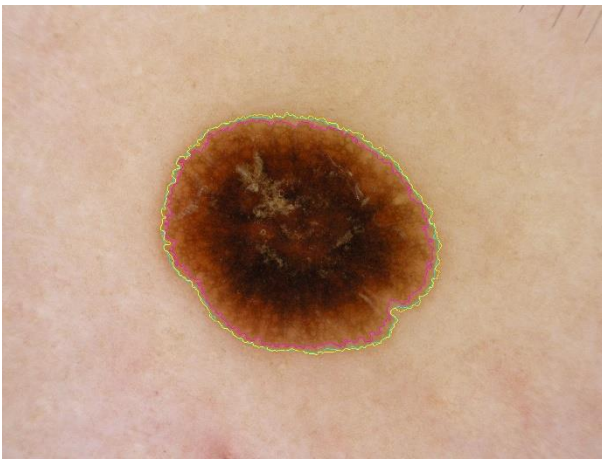
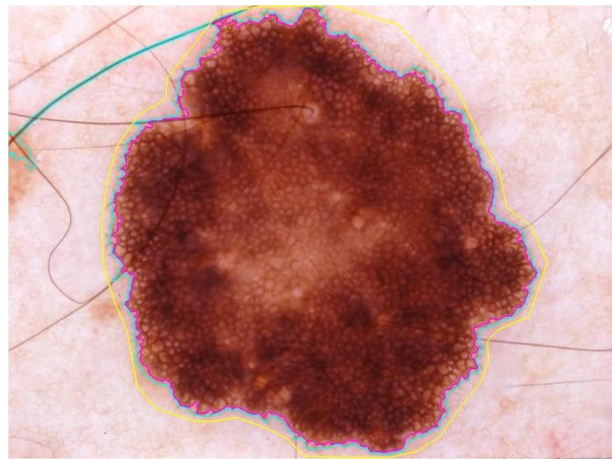
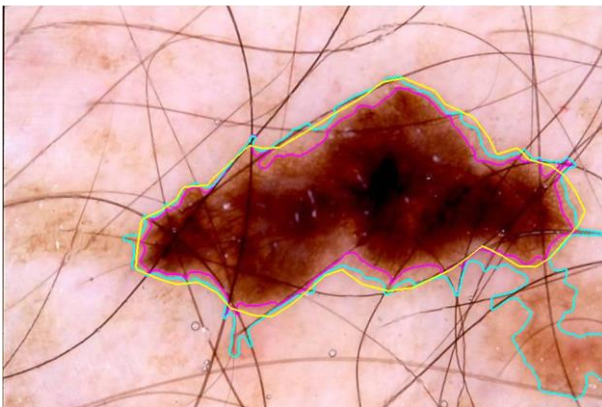
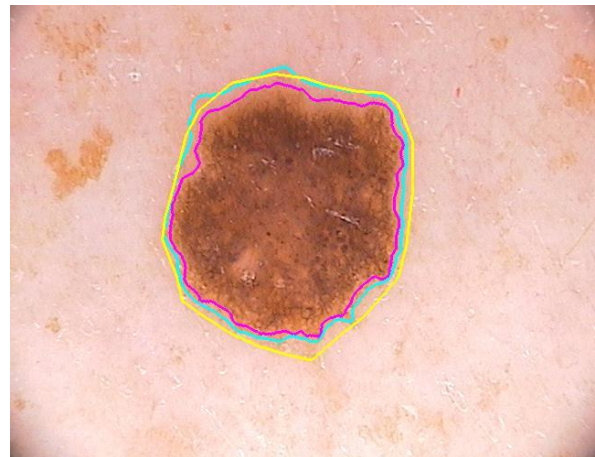
ISIC_000024



ISIC_000026

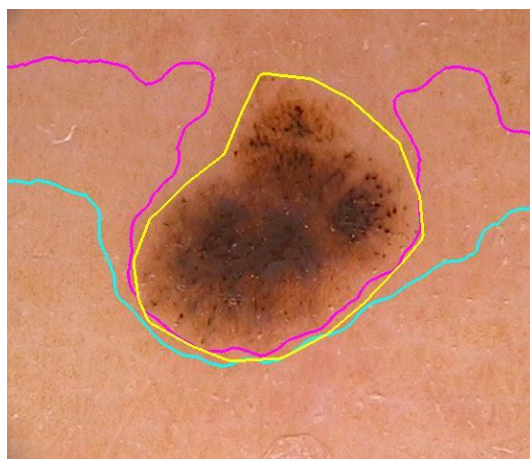


ISIC_000029

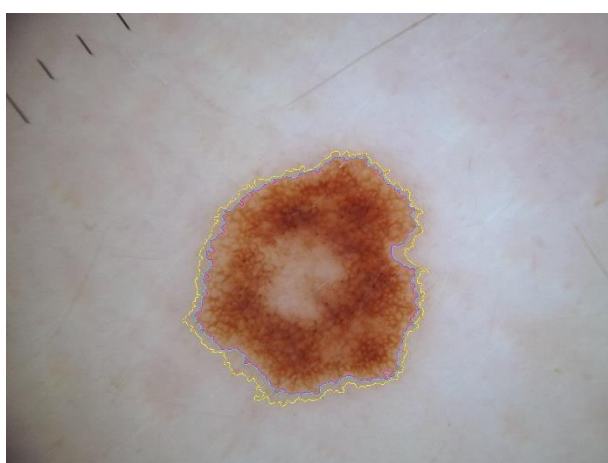
**ISIC_0000075****ISIC_0000077****ISIC_0000080****ISIC_0000204****ISIC_0000214****ISIC_0000329**



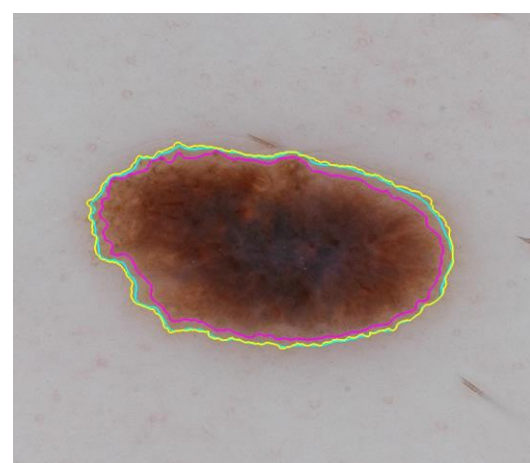
ISIC_0000330



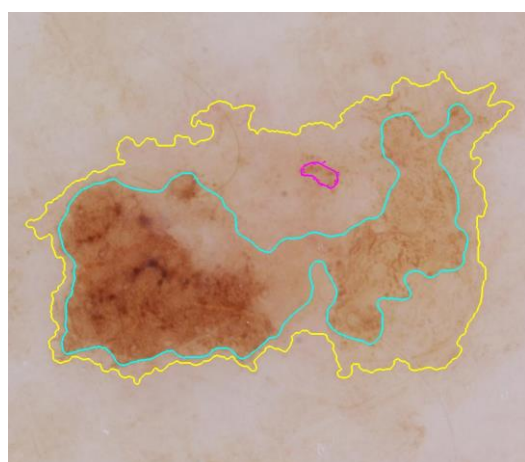
ISIC_0000336



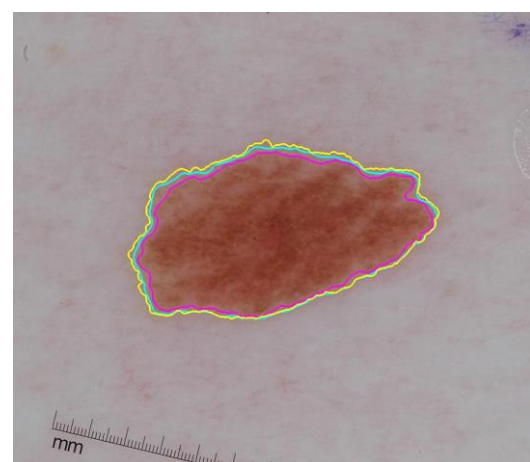
ISIC_0000386



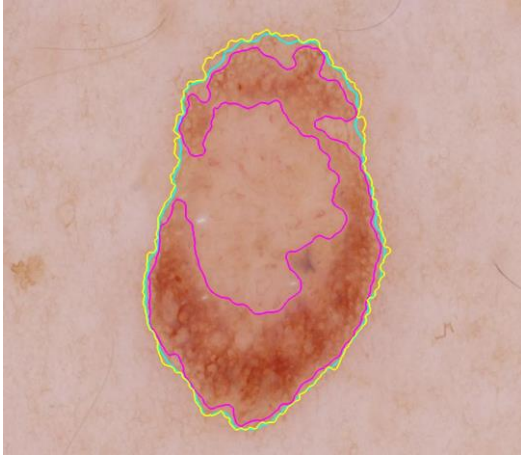
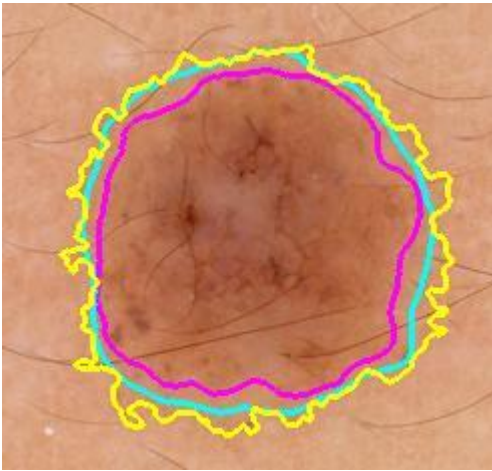
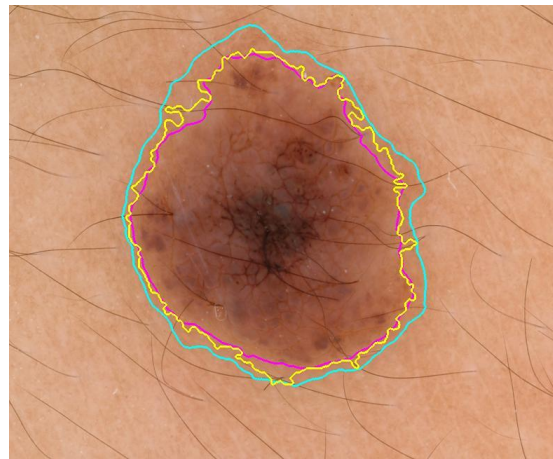
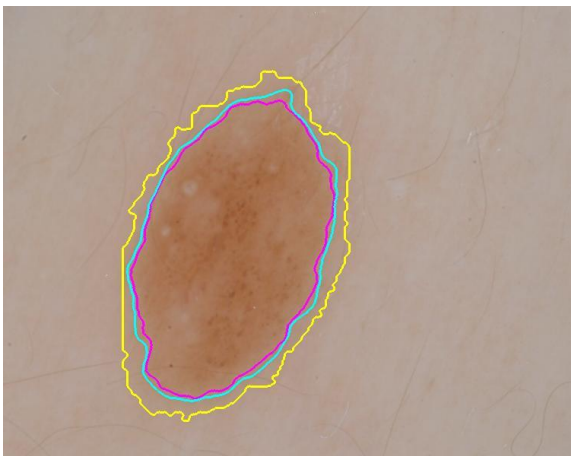
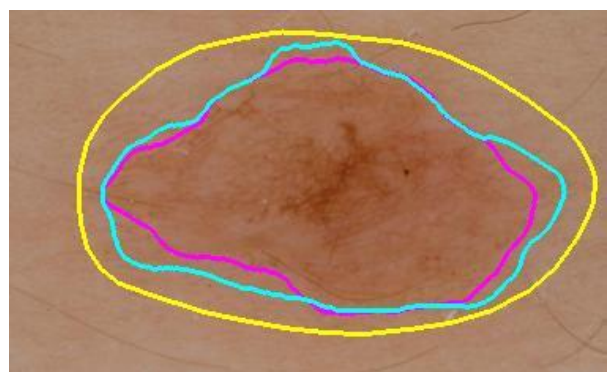
ISIC_0000482

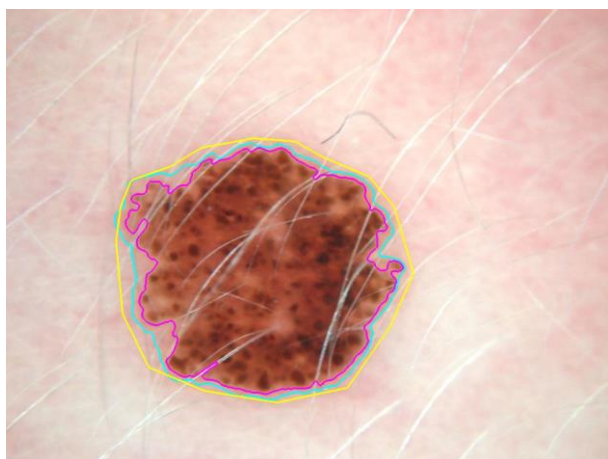


ISIC_0000484

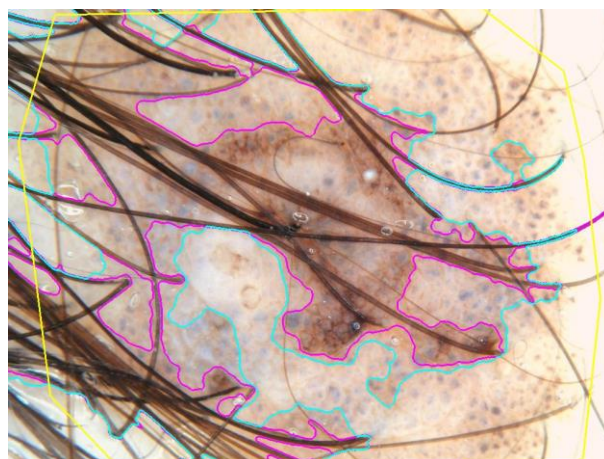


ISIC_0000488

**ISIC_0000509****ISIC_0000511****ISIC_0002438****ISIC_0002439****ISIC_0002476****ISIC_0007475**



ISIC_0011101

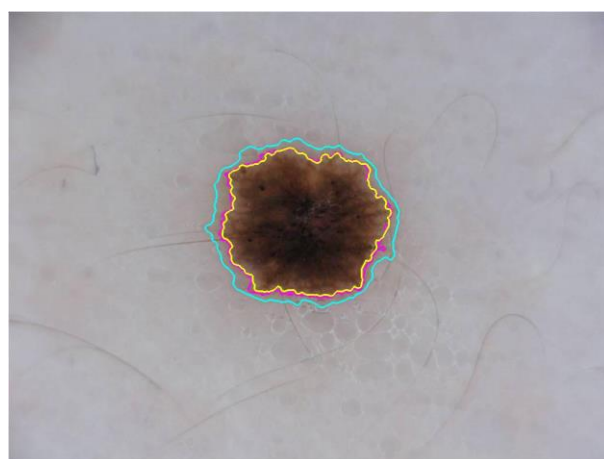


ISIC_0011300

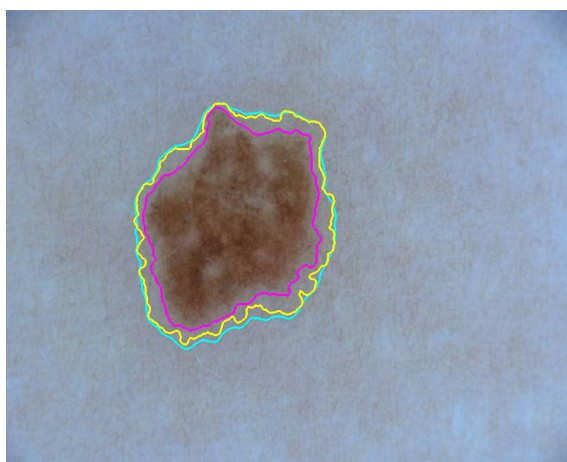
DILATACIÓN, TAMAÑO 10



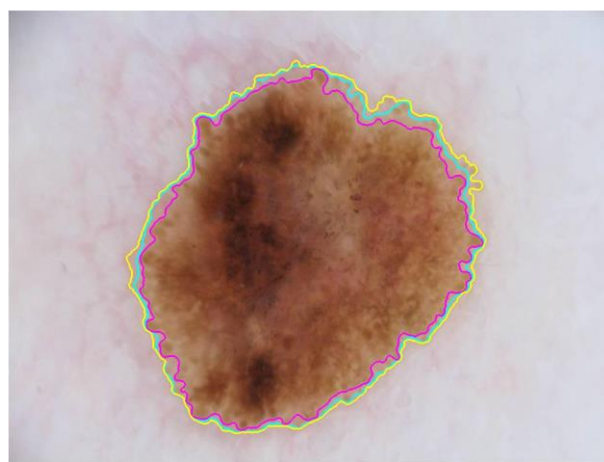
ISIC_0000000



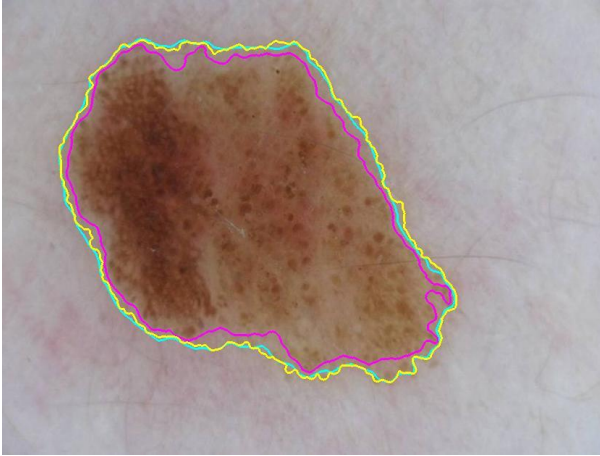
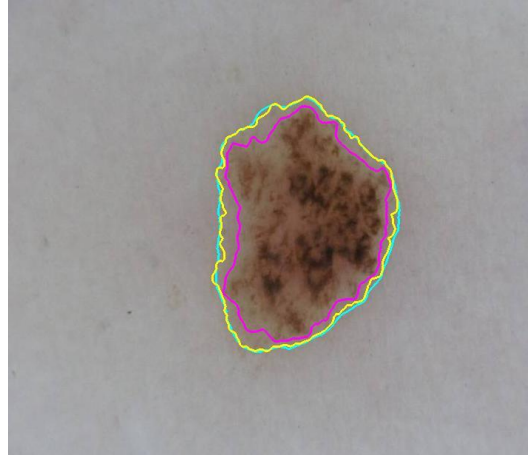
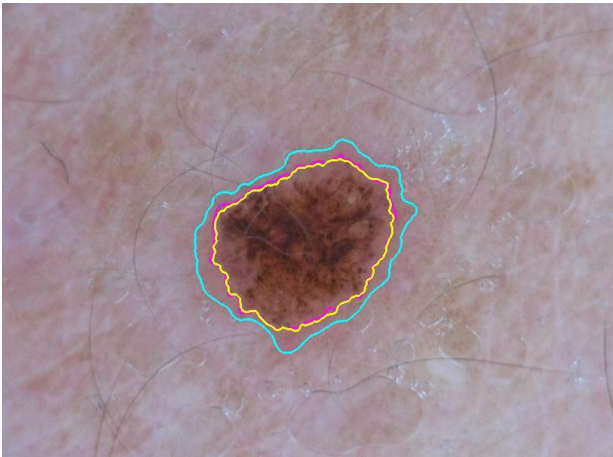
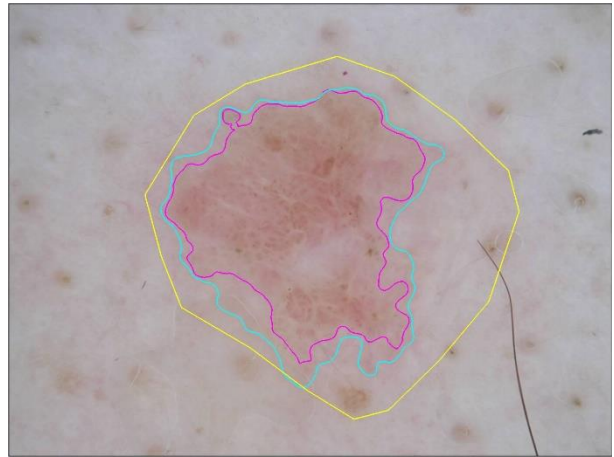
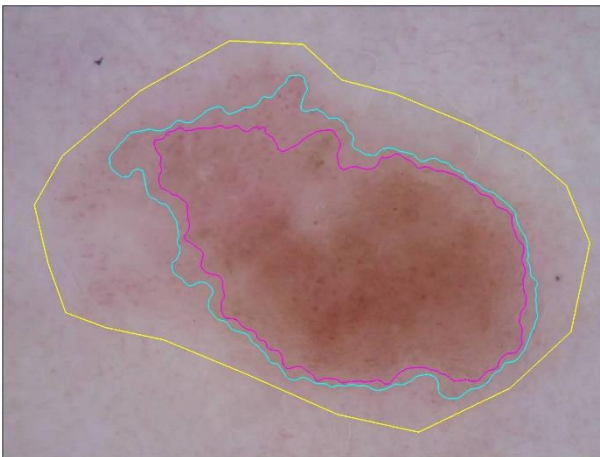
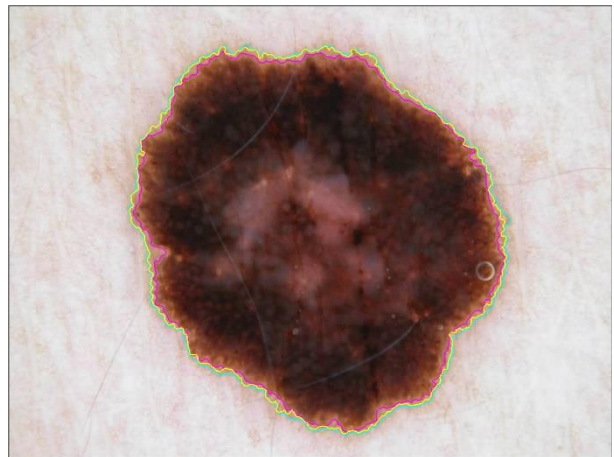
ISIC_0000001

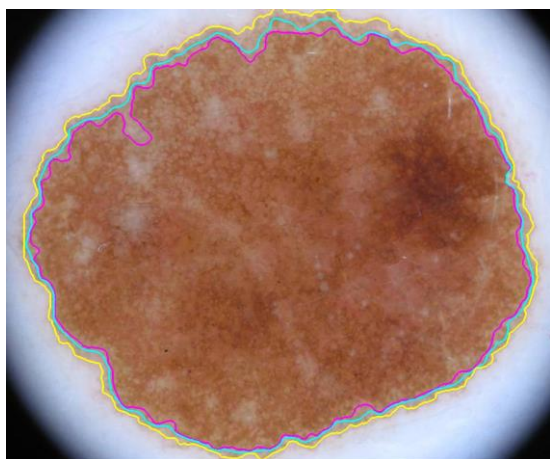


ISIC_0000006

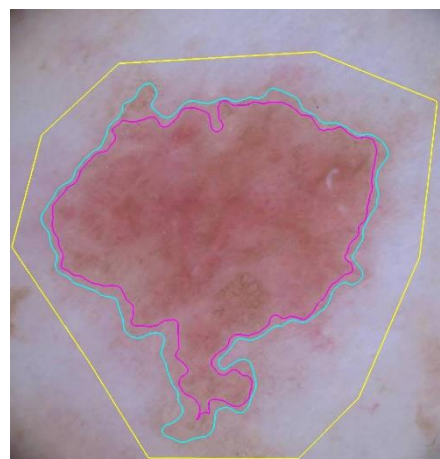


ISIC_0000008

**ISIC_0000009****ISIC_0000010****ISIC_0000012****ISIC_0000024****ISIC_0000026****ISIC_0000029**



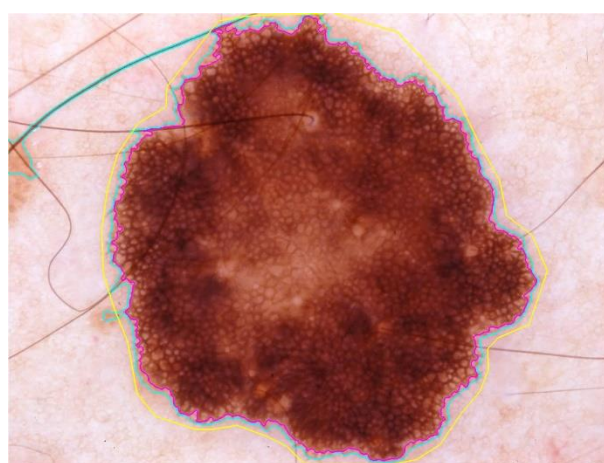
ISIC_0000075



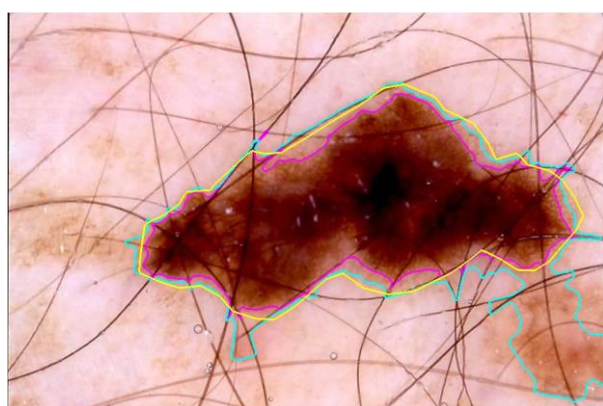
ISIC_0000077



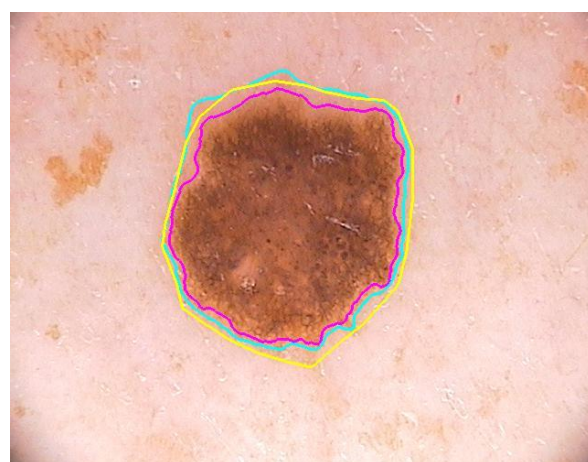
ISIC_0000080



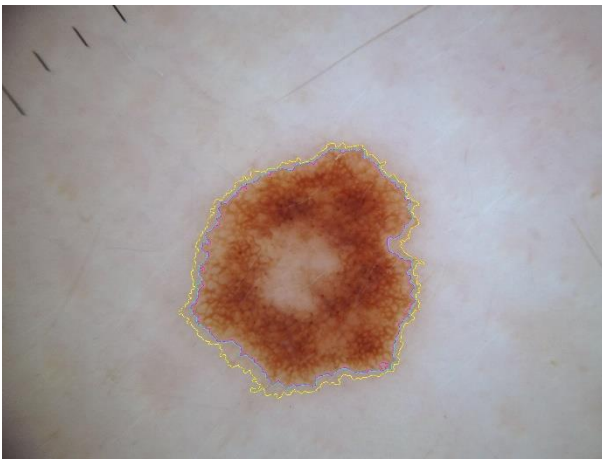
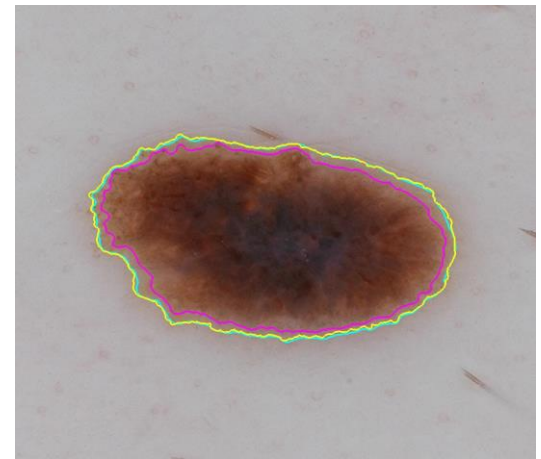
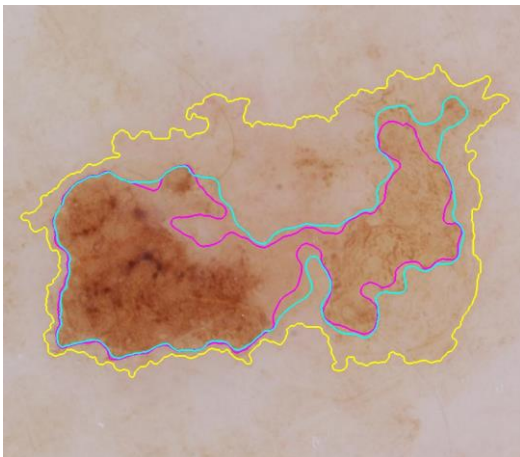
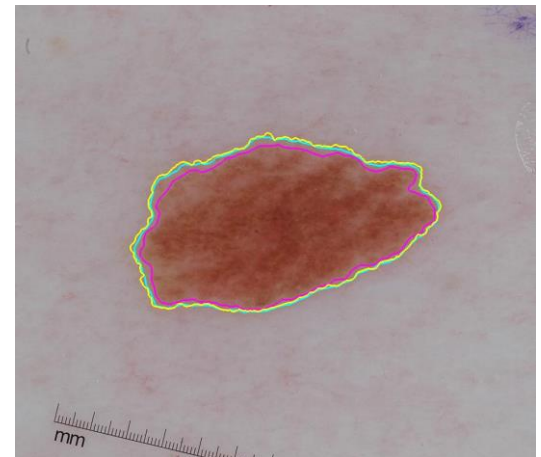
ISIC_0000204

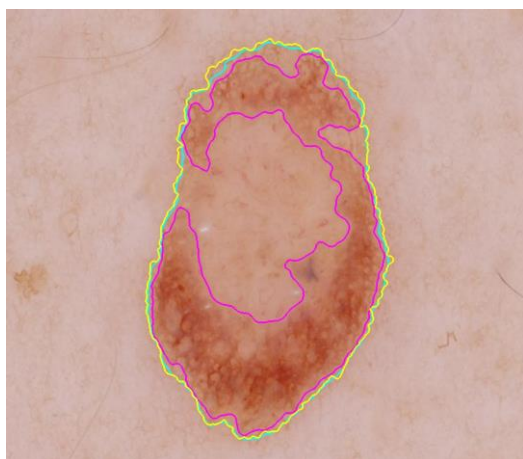


ISIC_0000214

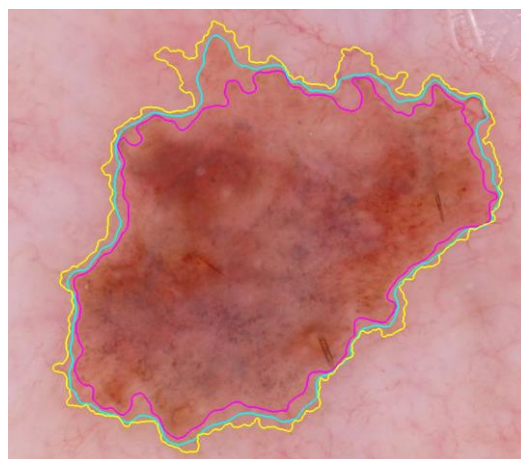


ISIC_0000329

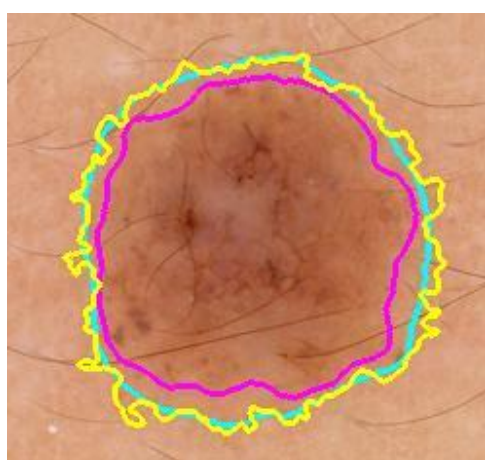
**ISIC_0000330****ISIC_0000336****ISIC_0000386****ISIC_0000482****ISIC_0000484****ISIC_0000488**



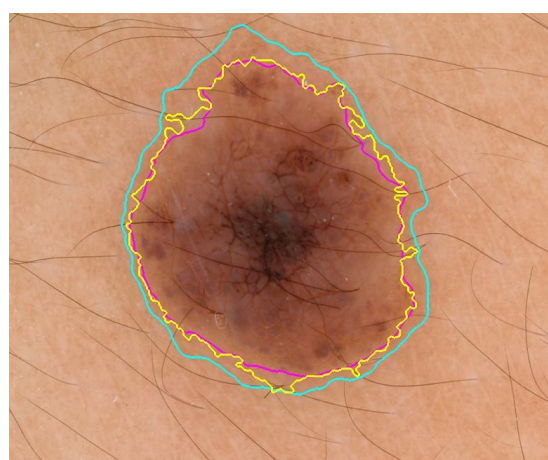
ISIC_0000509



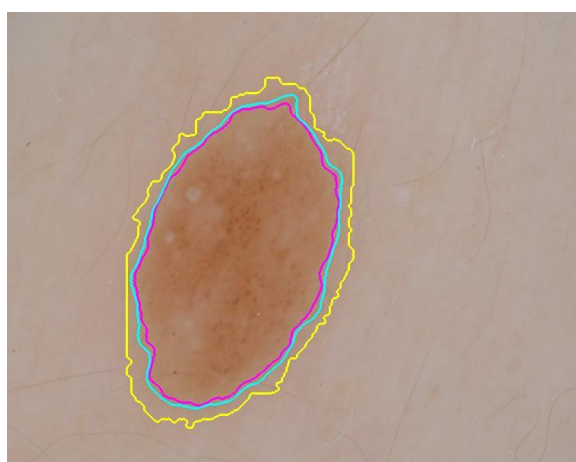
ISIC_0000511



ISIC_0002438



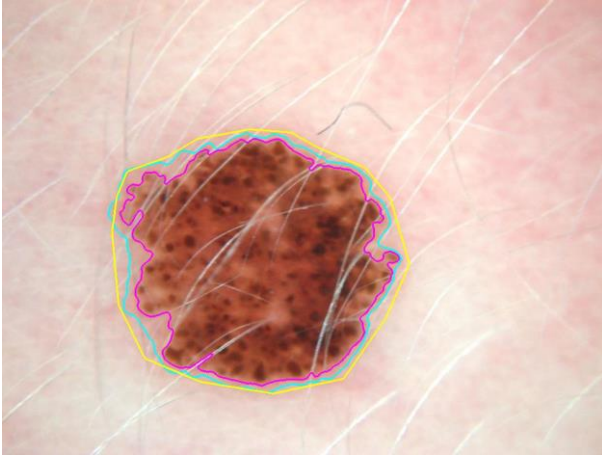
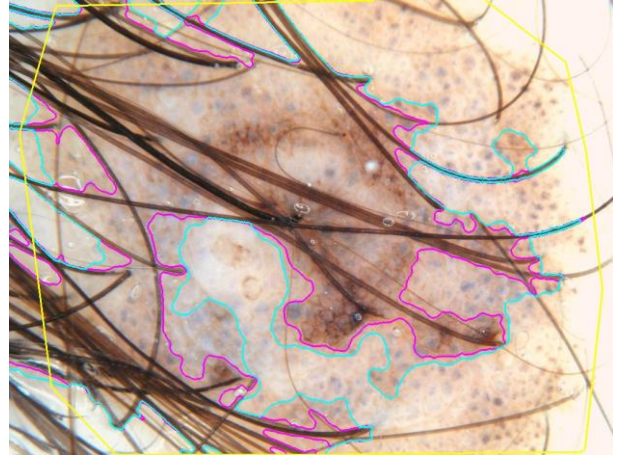
ISIC_0002439



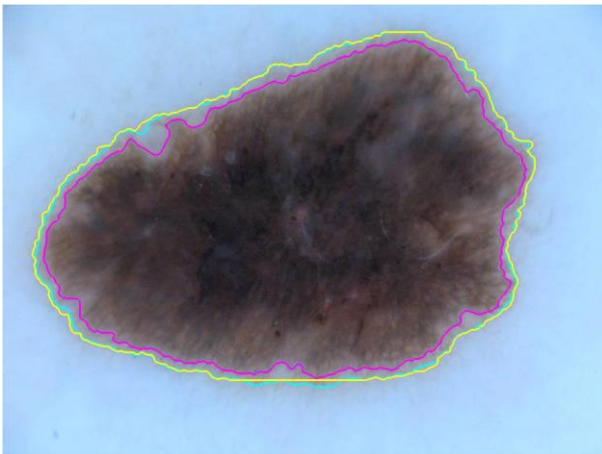
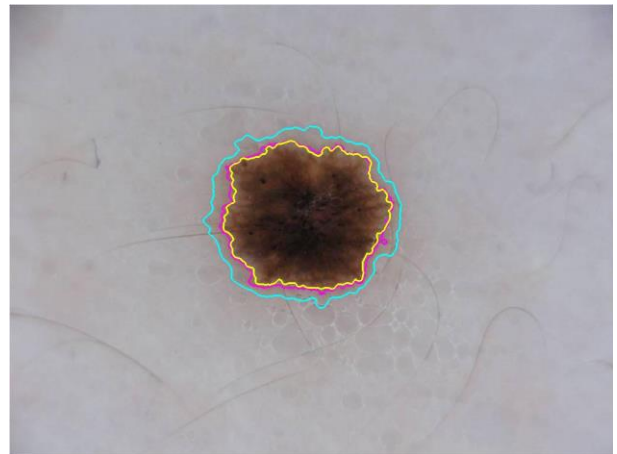
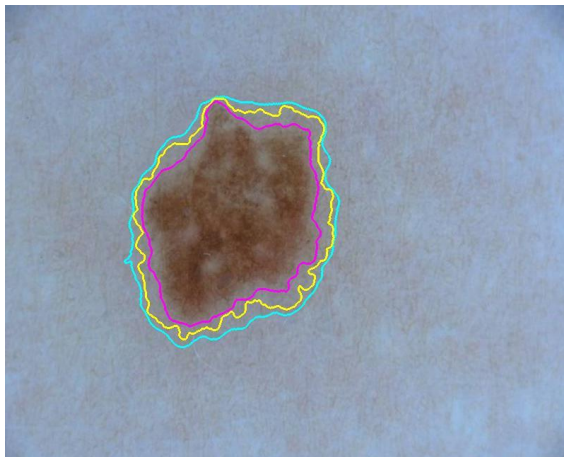
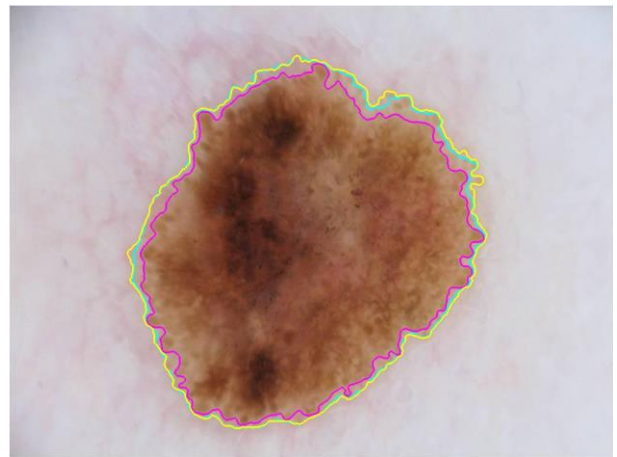
ISIC_0002476

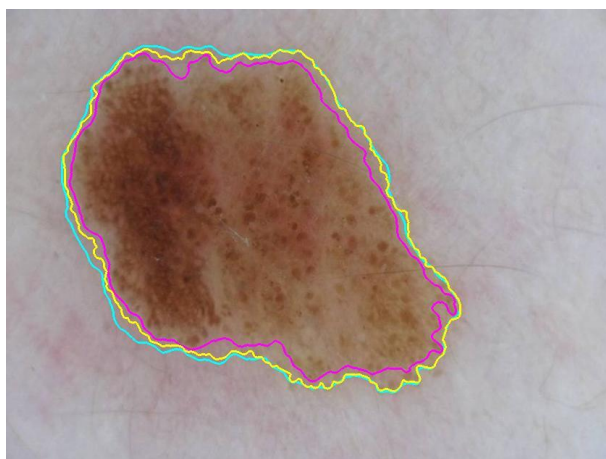


ISIC_0007475

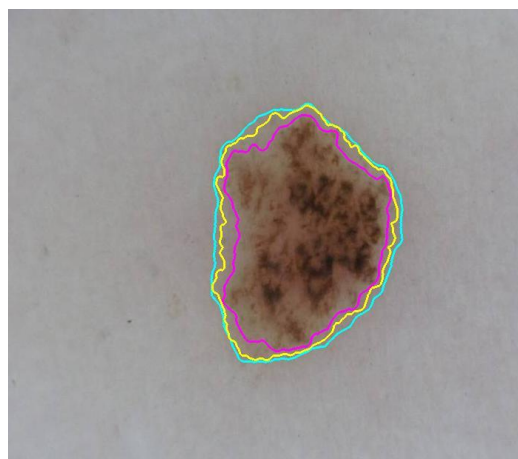
**ISIC_0011101****ISIC_0011300**

DILATACIÓN, TAMAÑO 15

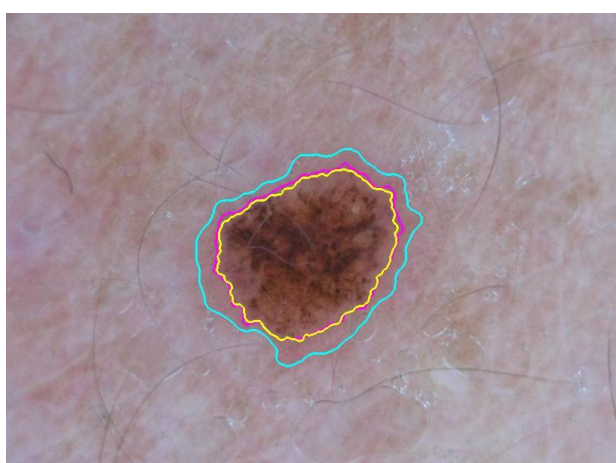
**ISIC_0000000****ISIC_0000001****ISIC_0000006****ISIC_0000008**



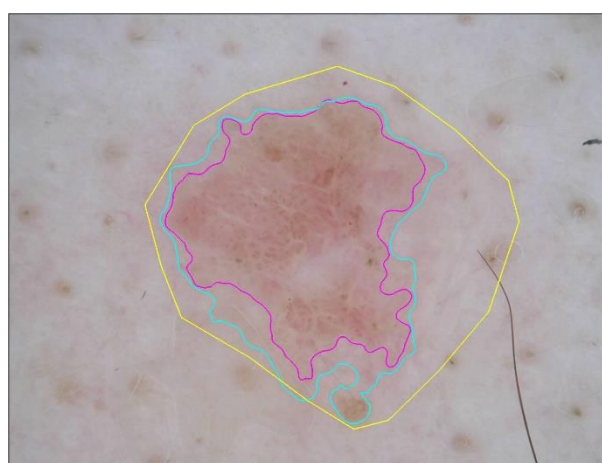
ISIC_0000009



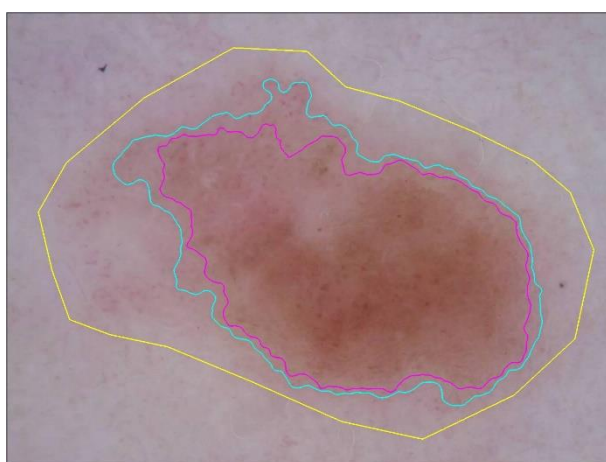
ISIC_0000010



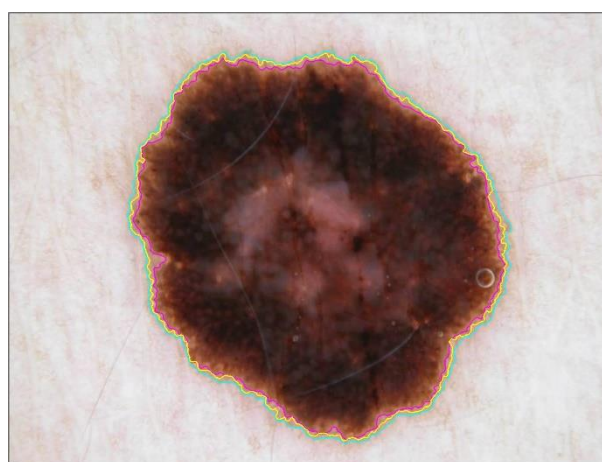
ISIC_0000012



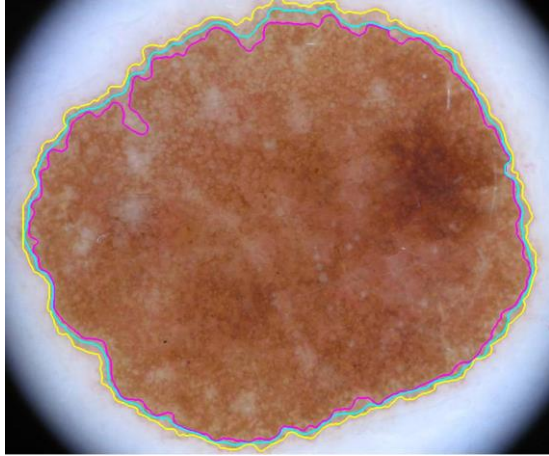
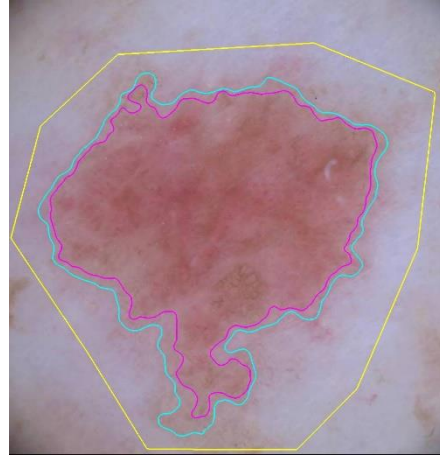
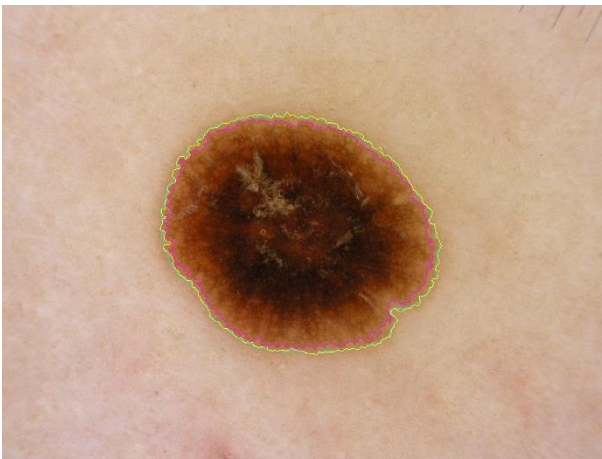
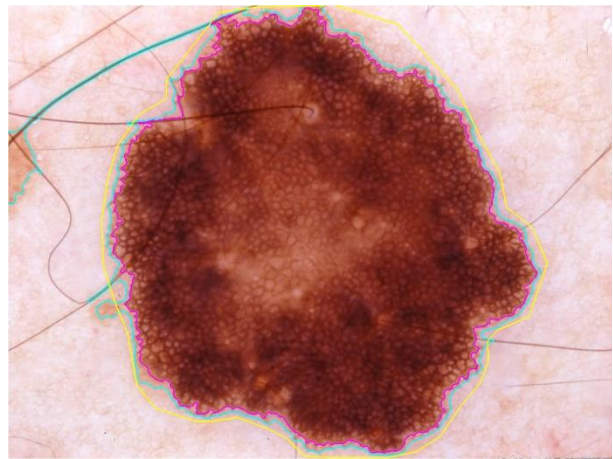
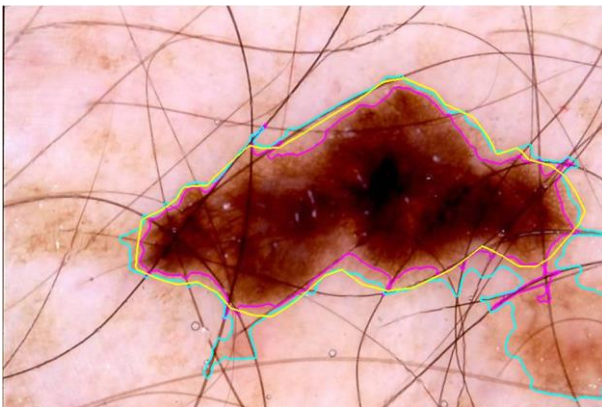
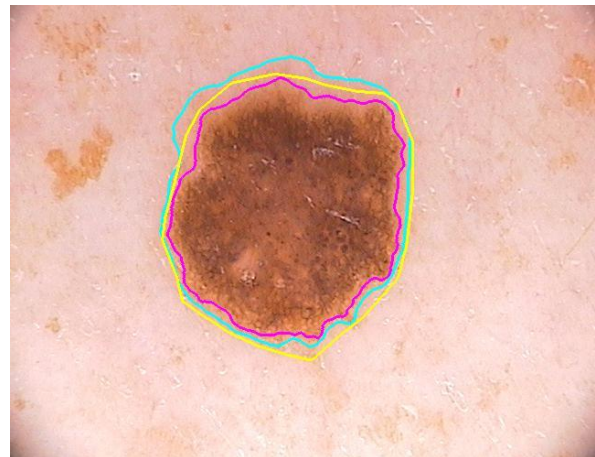
ISIC_0000024



ISIC_0000026



ISIC_0000029

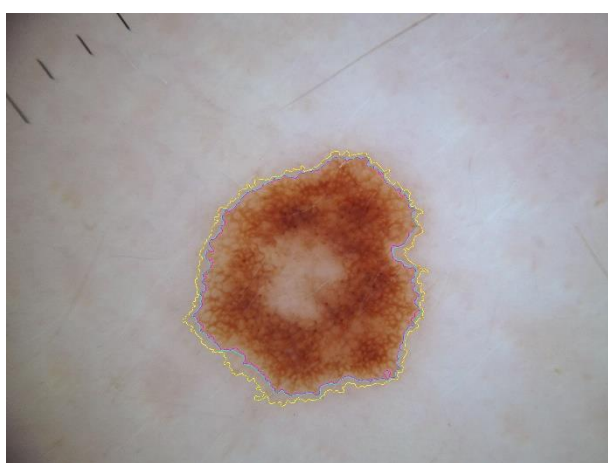
**ISIC_0000075****ISIC_0000077****ISIC_0000080****ISIC_0000204****ISIC_0000214****ISIC_0000329**



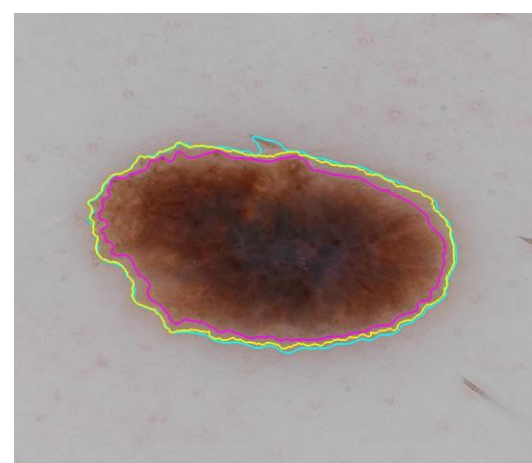
ISIC_0000330



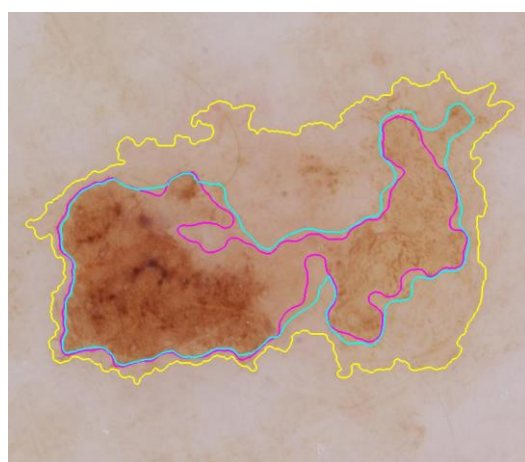
ISIC_0000336



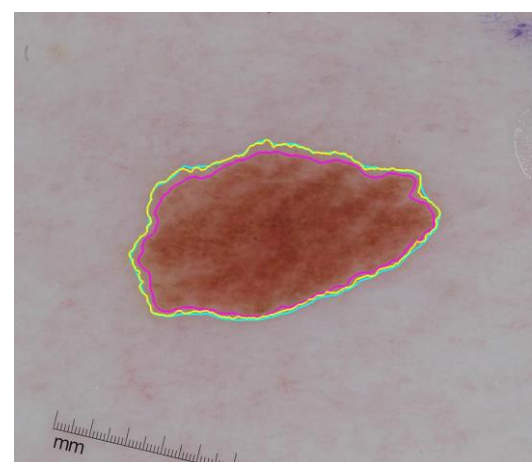
ISIC_0000386



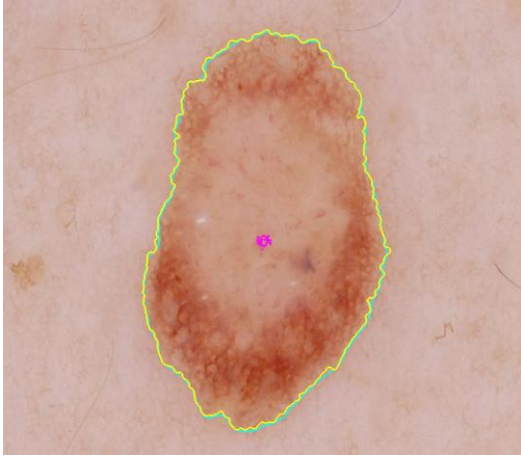
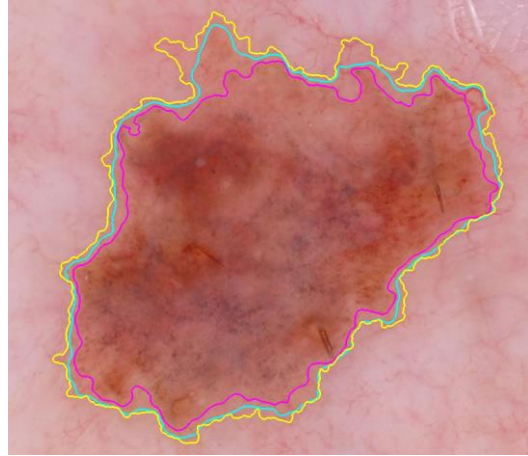
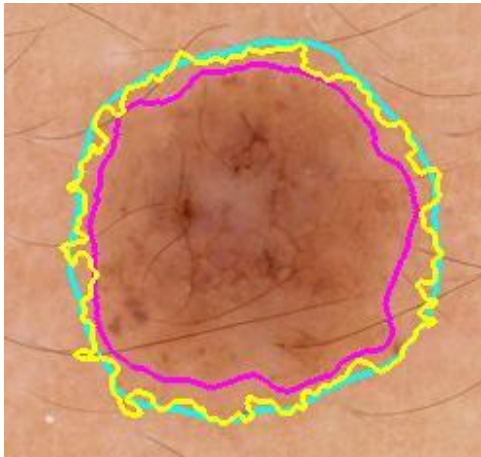
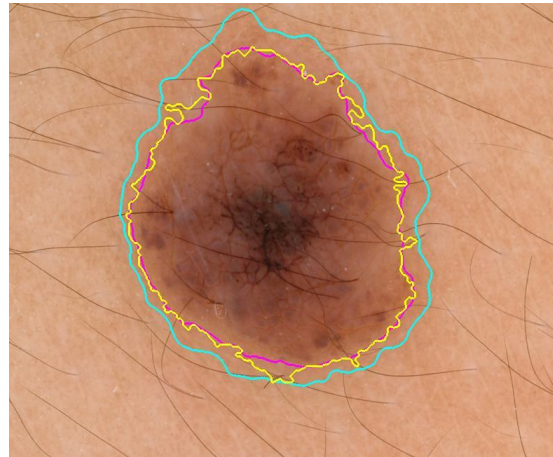
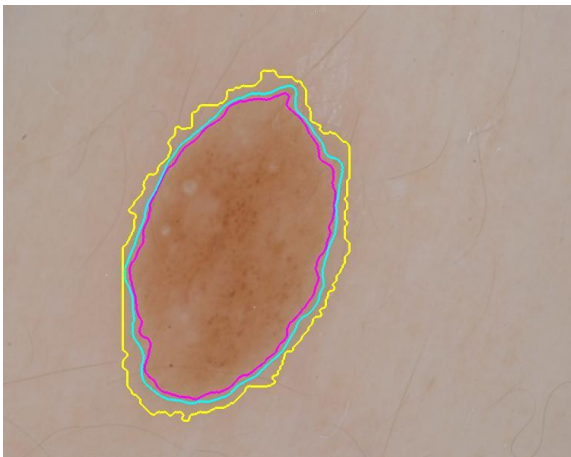
ISIC_0000482

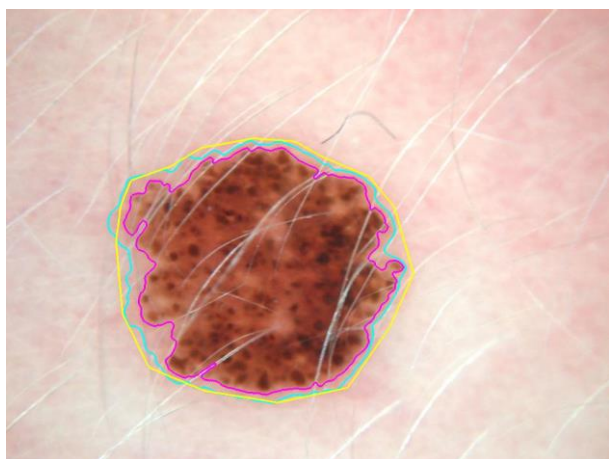


ISIC_0000484

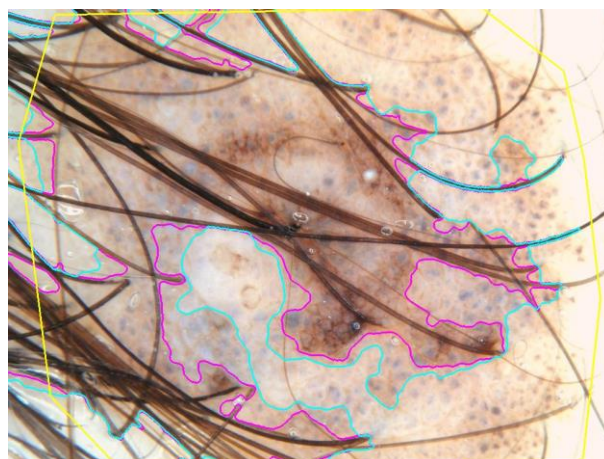


ISIC_0000488

**ISIC_0000509****ISIC_0000511****ISIC_0002438****ISIC_0002439****ISIC_0002476****ISIC_0007475**



ISIC_0011101

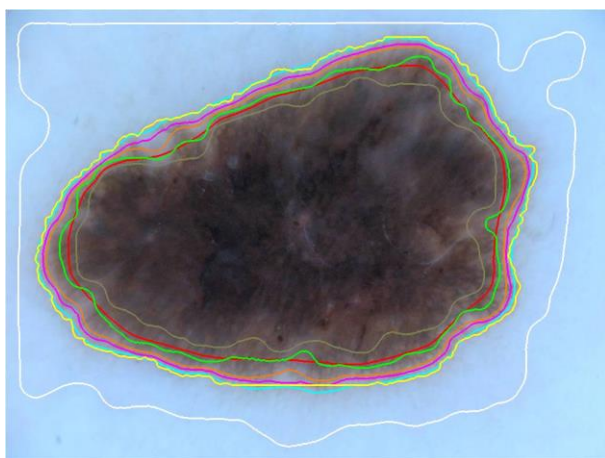


ISIC_0011300

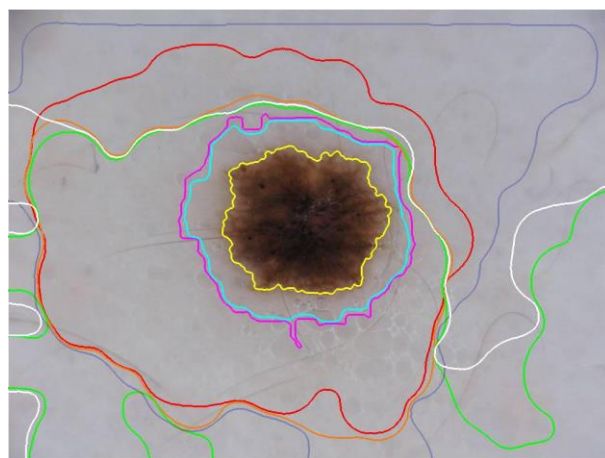
ANEXO III

A continuación, se muestra las imágenes con los bordes de las máscaras obtenidas para el caso del método de 4 histogramas de referencia. En cada imagen se representa los bordes de las máscaras obtenidas para los distintos casos de los centroides extraídos, que son 4, 5, 7, 10, 15, 20 y 25. Cada uno está representado por las curvas de color magenta, cyan, rojo, naranja, verde, púrpura y blanco, respectivamente, y la verdad de referencia, representada por la curva amarilla.

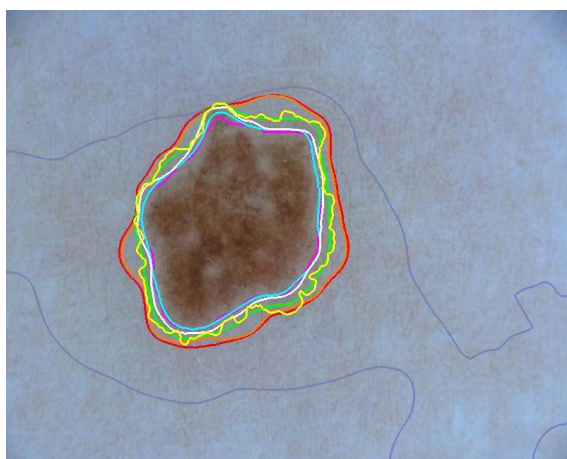
SIN DILATACIÓN



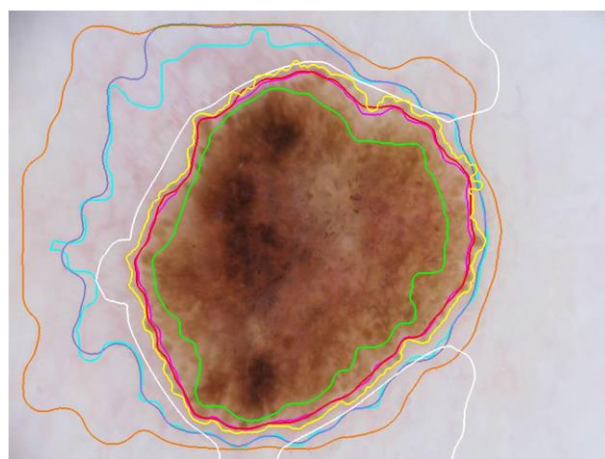
ISIC_0000000



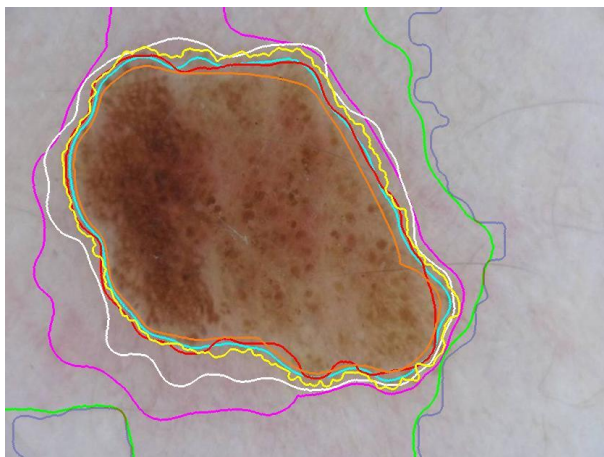
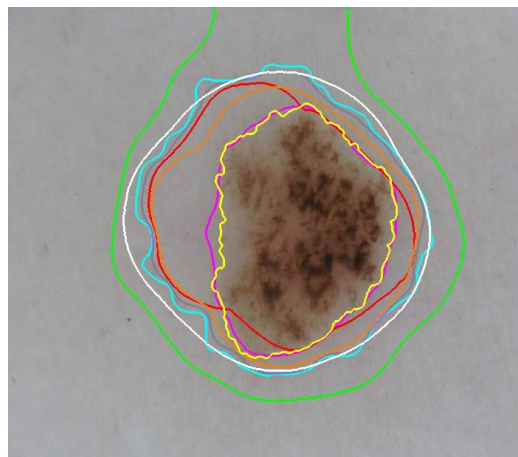
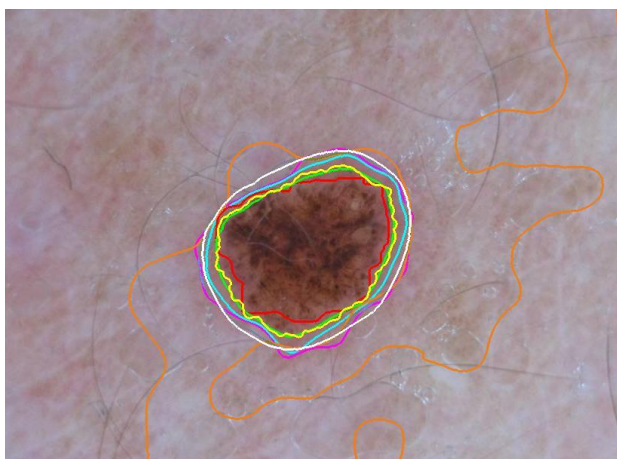
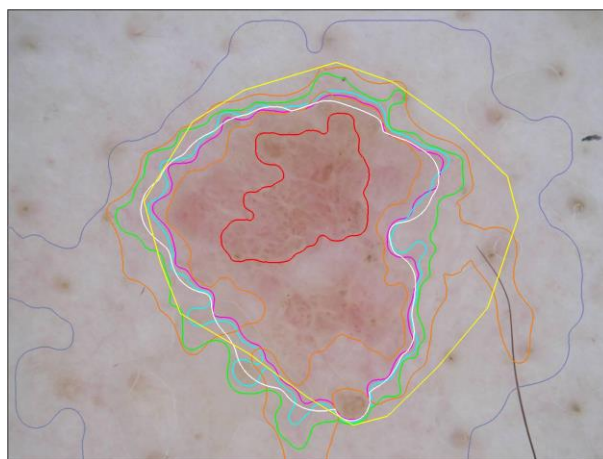
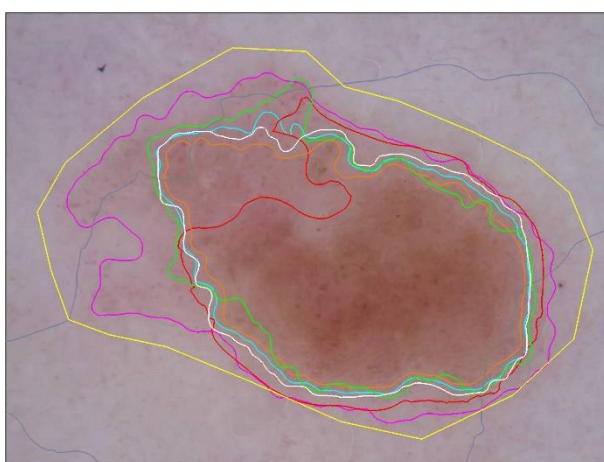
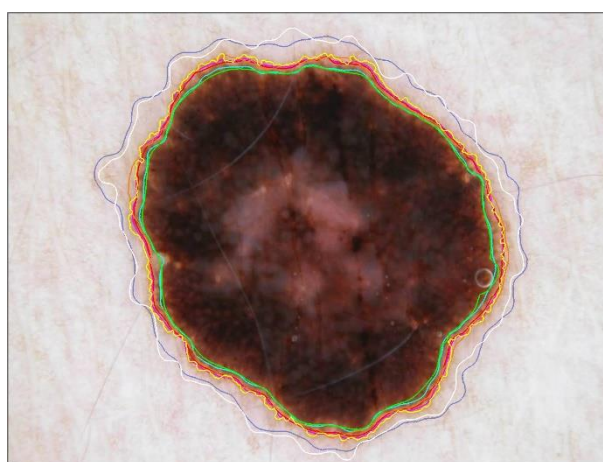
ISIC_0000001

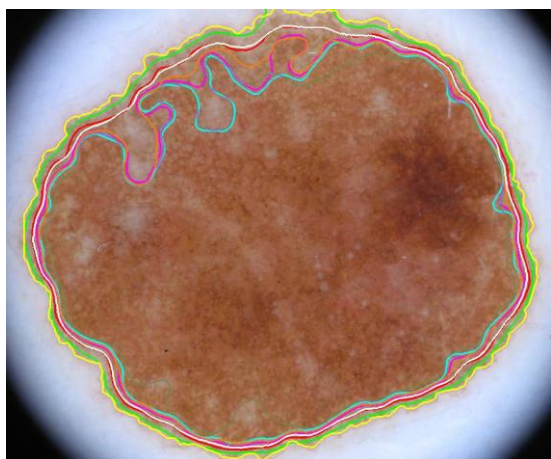


ISIC_0000006

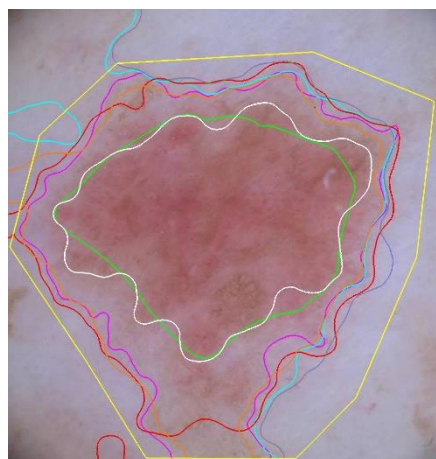


ISIC_0000008

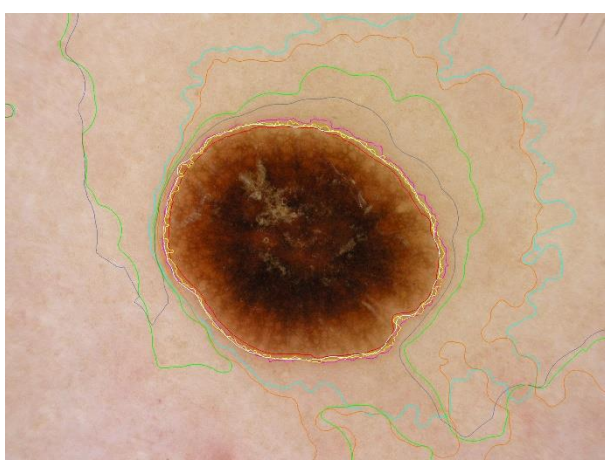
**ISIC_0000009****ISIC_0000010****ISIC_0000012****ISIC_0000024****ISIC_0000026****ISIC_0000029**



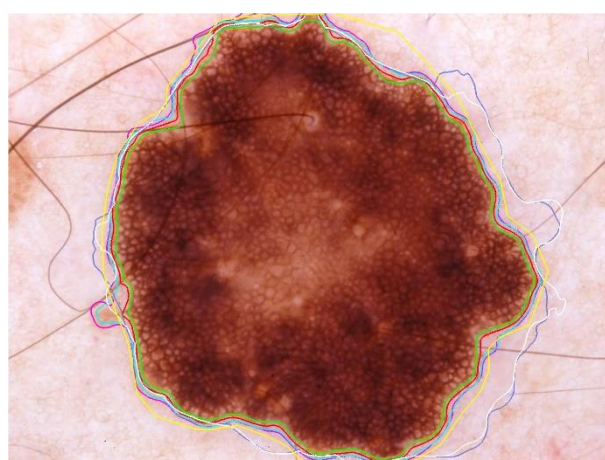
ISIC_0000075



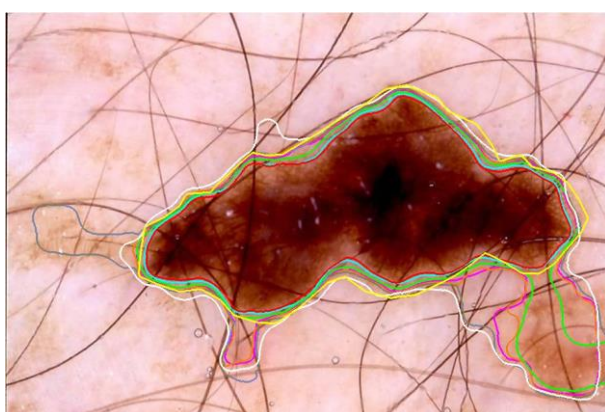
ISIC_0000077



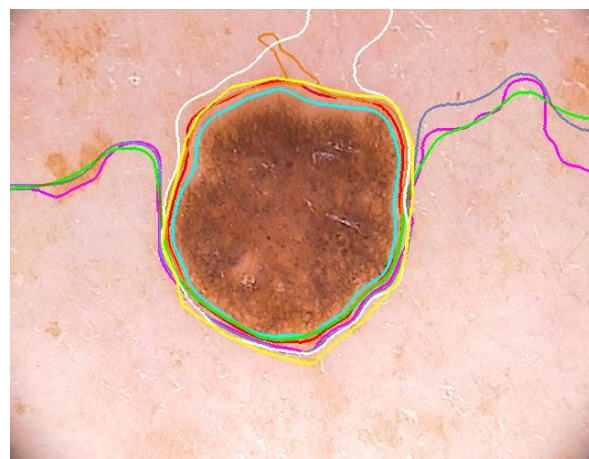
ISIC_0000080



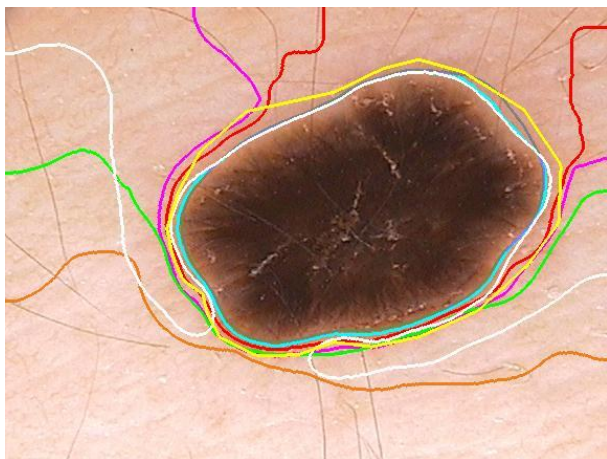
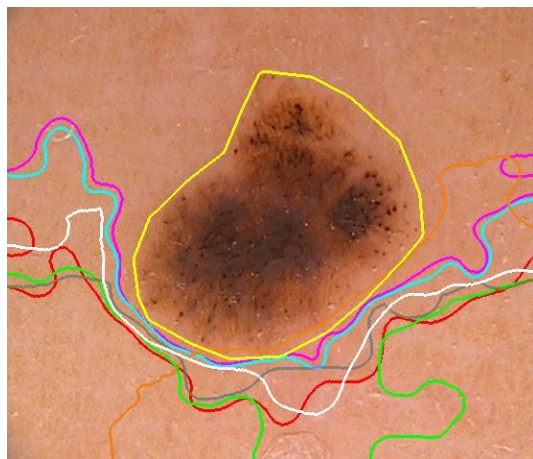
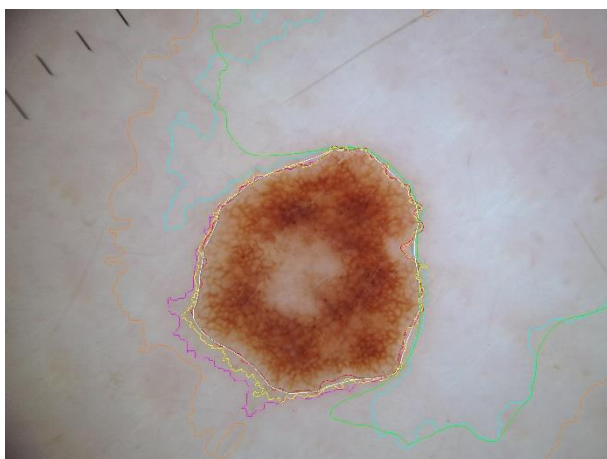
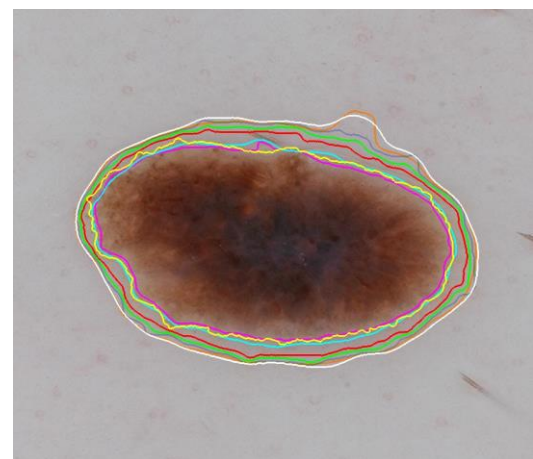
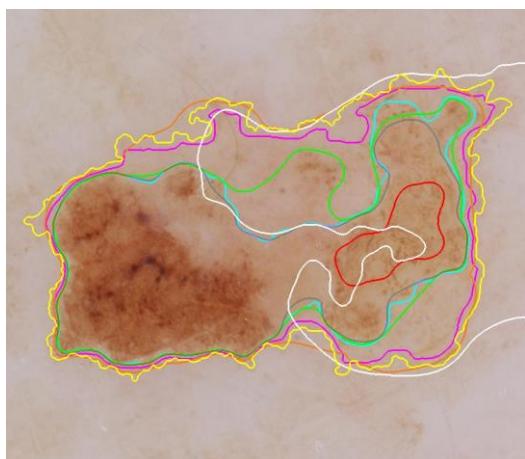
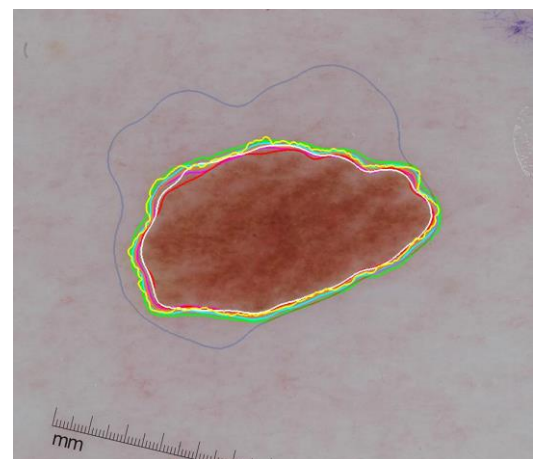
ISIC_0000204

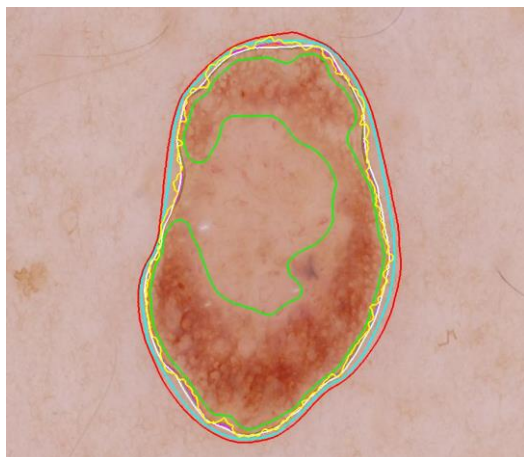


ISIC_0000214

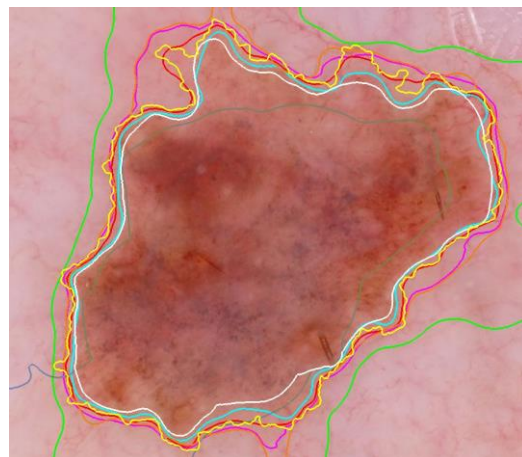


ISIC_0000329

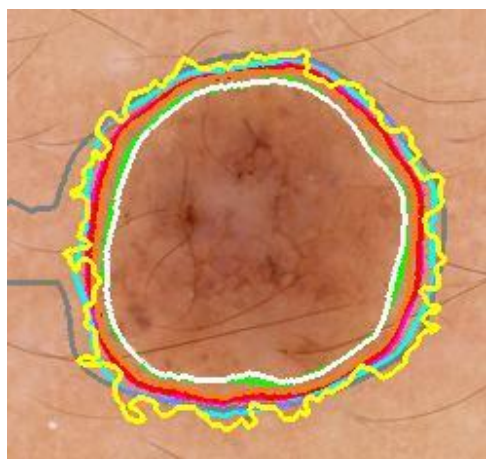
**ISIC_0000330****ISIC_0000336****ISIC_0000386****ISIC_0000482****ISIC_0000484****ISIC_0000488**



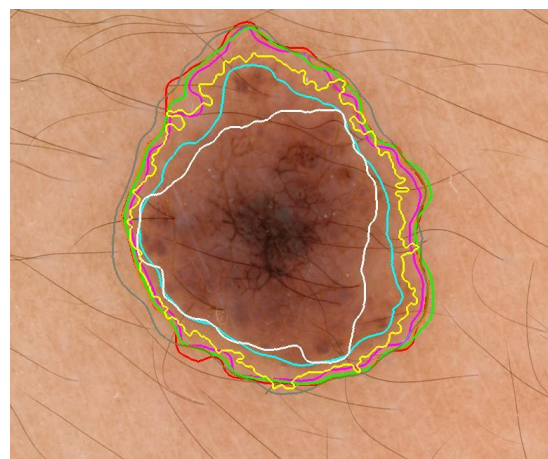
ISIC_0000509



ISIC_0000511



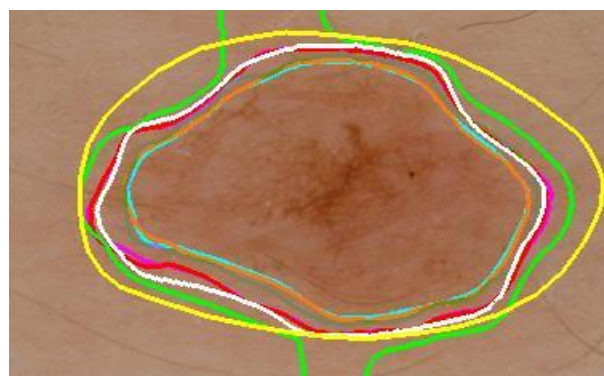
ISIC_0002438



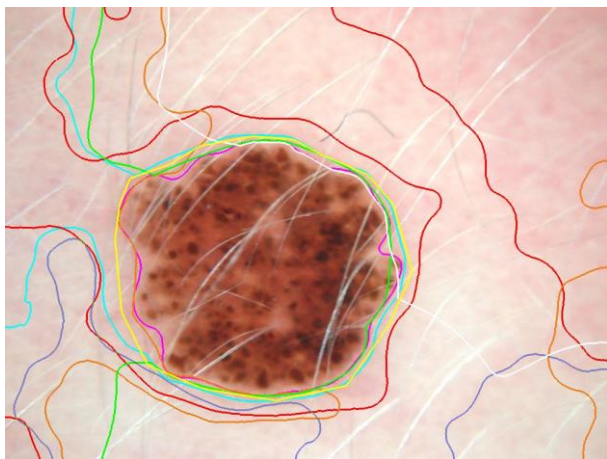
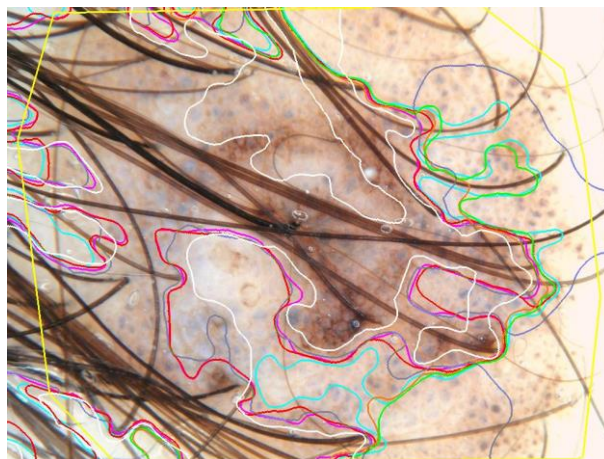
ISIC_0002439



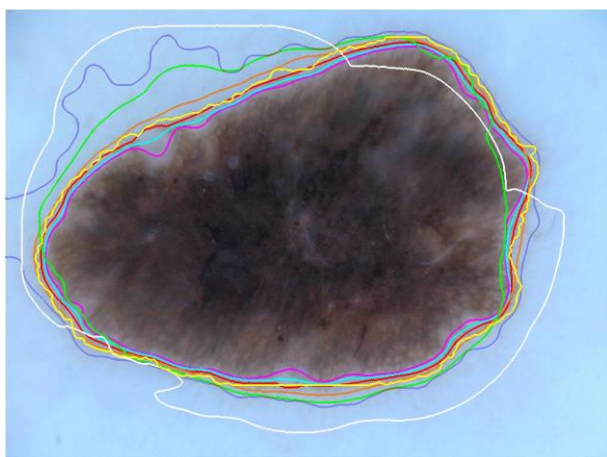
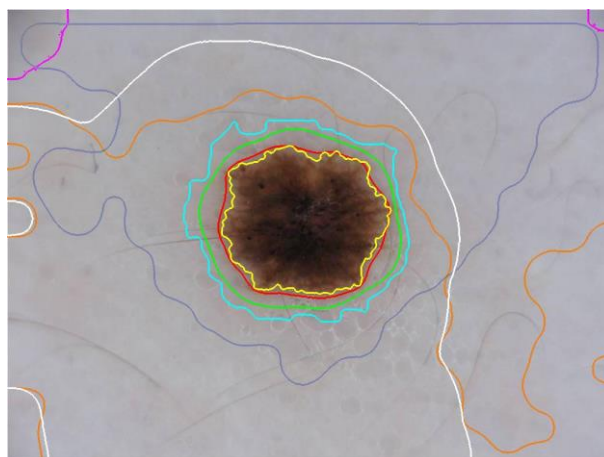
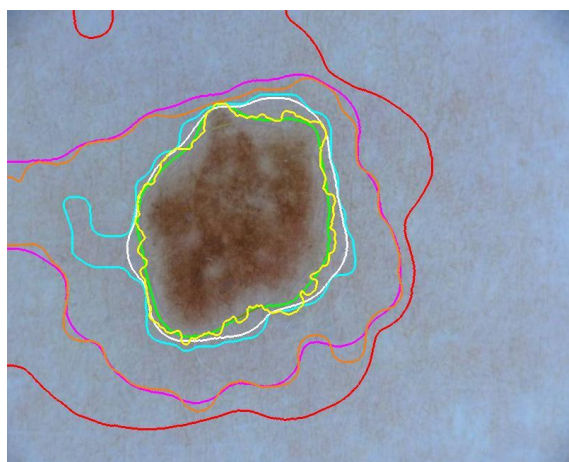
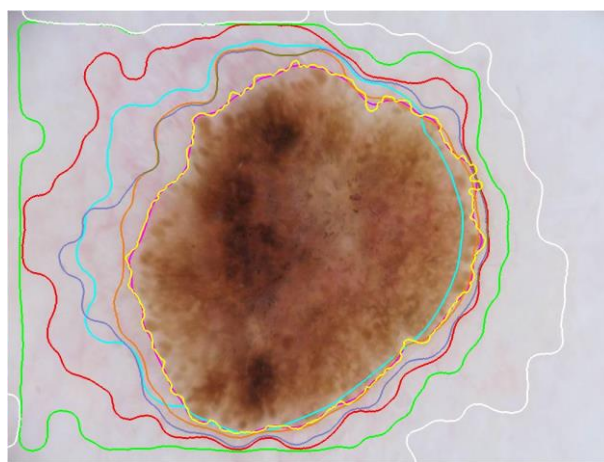
ISIC_0002476

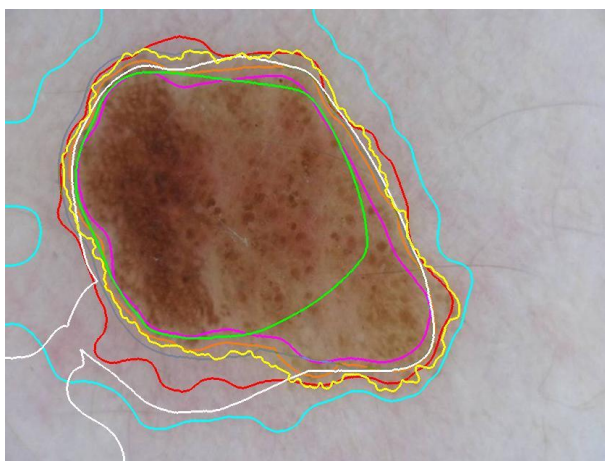


ISIC_0007475

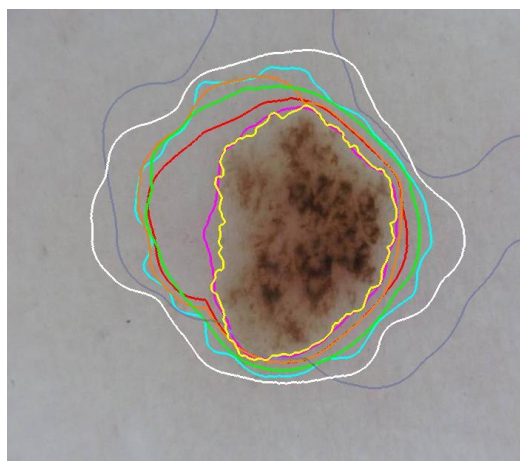
**ISIC_0011101****ISIC_0011300**

DILATACIÓN, TAMAÑO 2

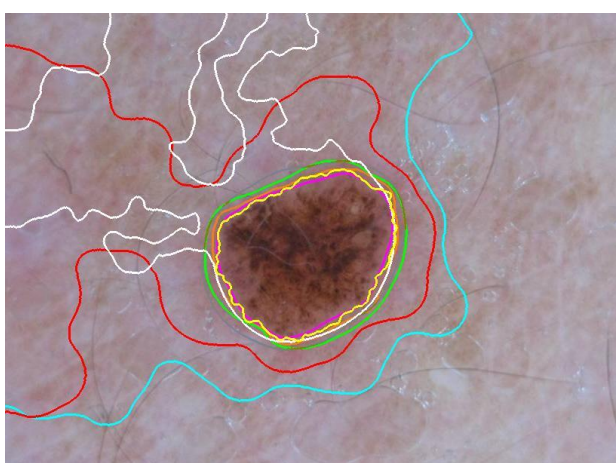
**ISIC_0000000****ISIC_0000001****ISIC_0000006****ISIC_0000008**



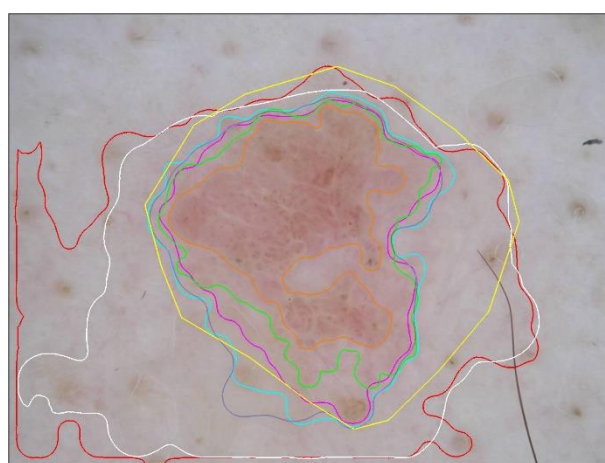
ISIC_000009



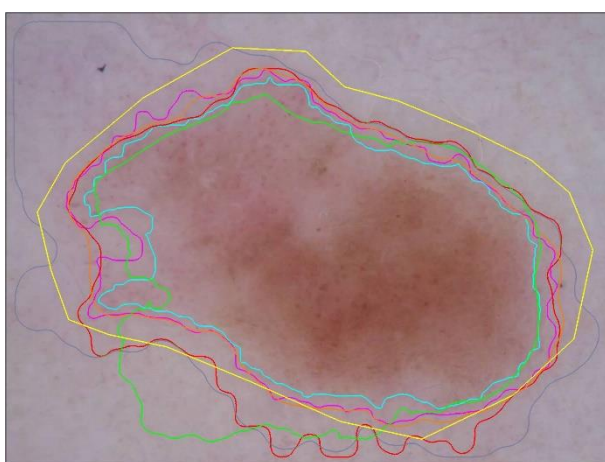
ISIC_000010



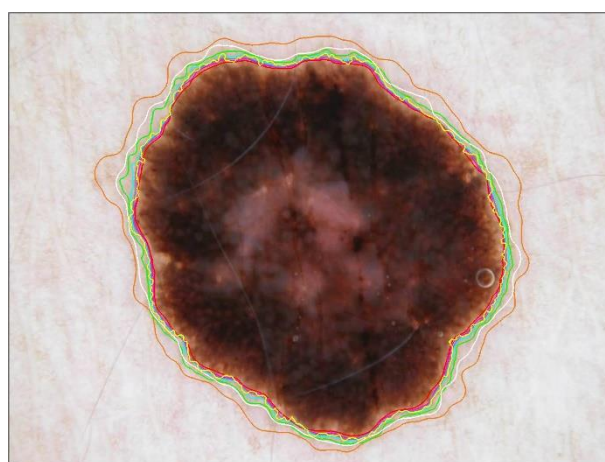
ISIC_000012



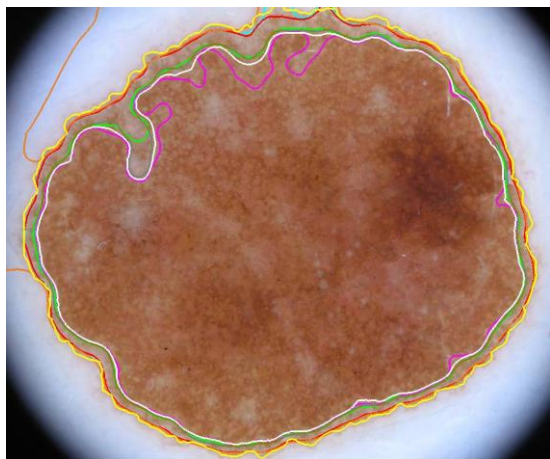
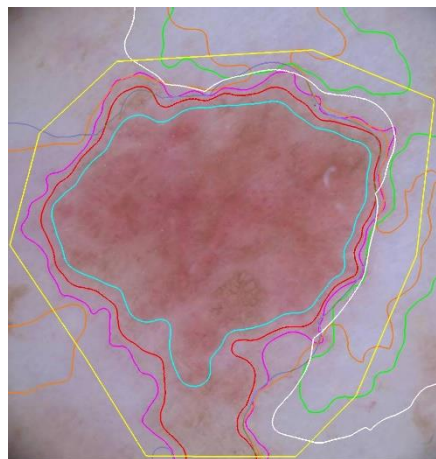
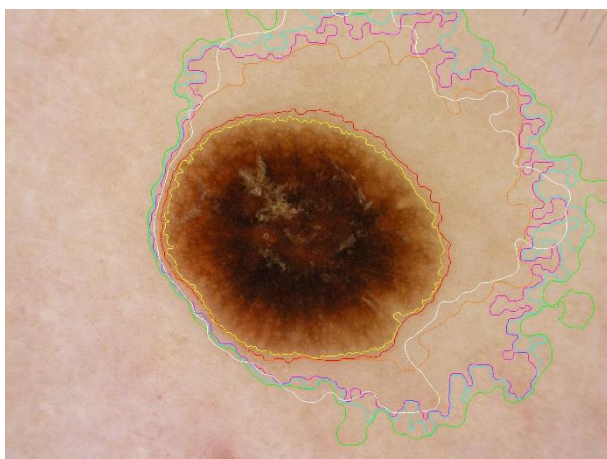
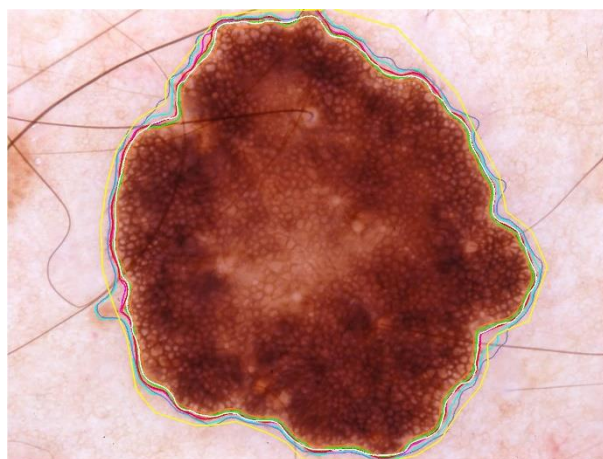
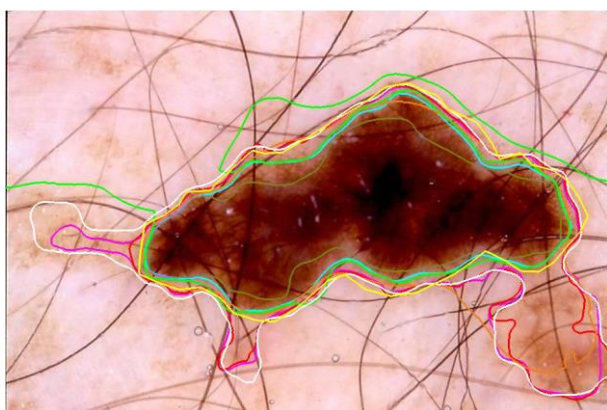
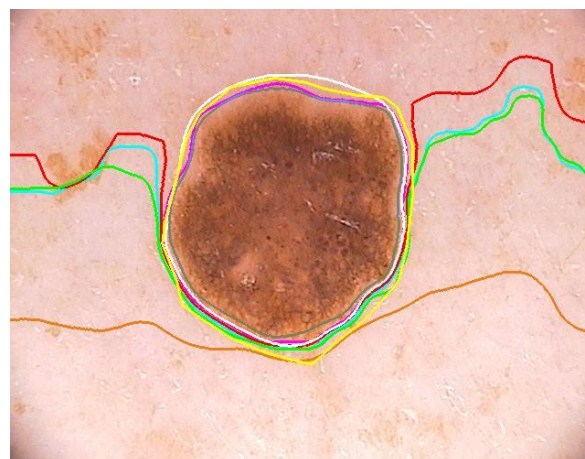
ISIC_000024

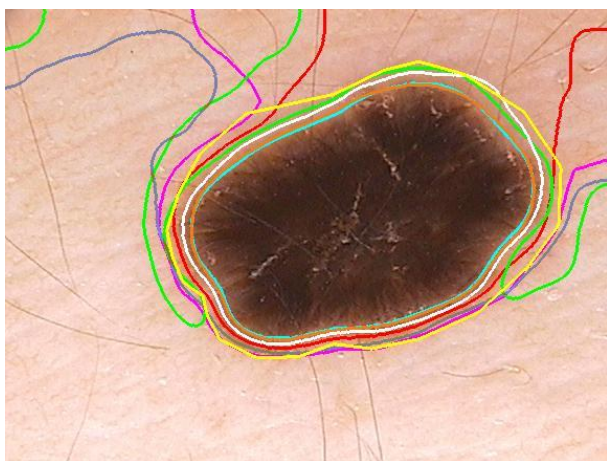


ISIC_000026

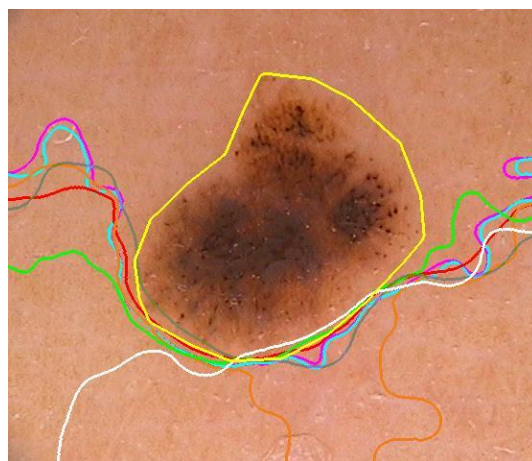


ISIC_000029

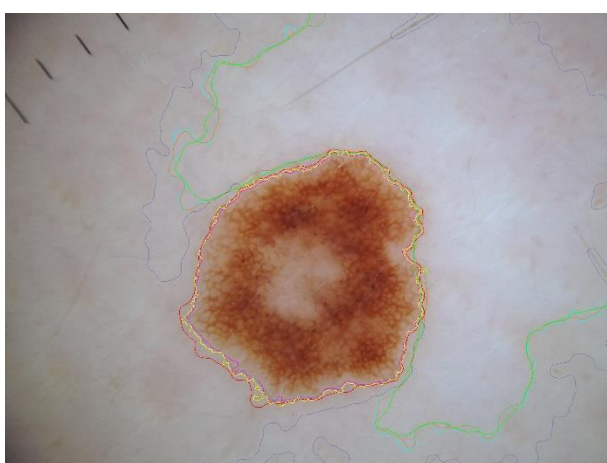
**ISIC_0000075****ISIC_0000077****ISIC_0000080****ISIC_0000204****ISIC_0000214****ISIC_0000329**



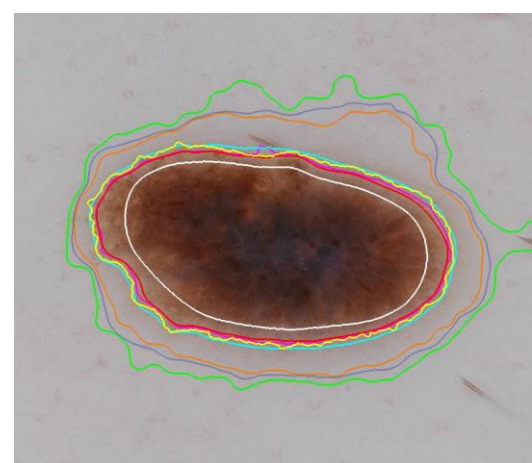
ISIC_0000330



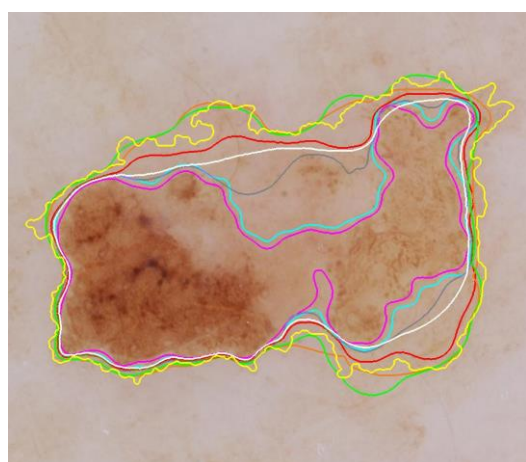
ISIC_0000336



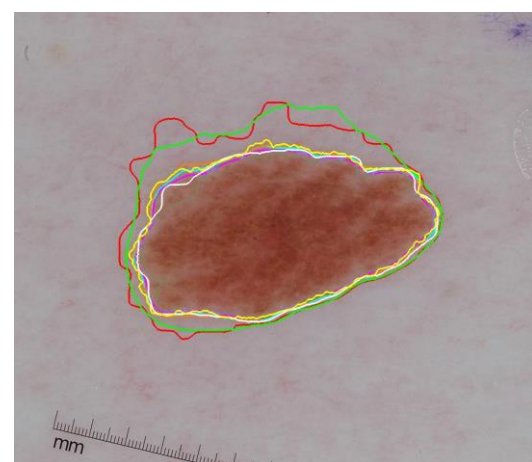
ISIC_0000386



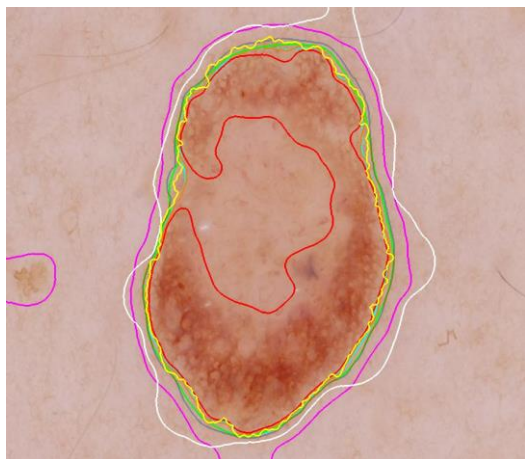
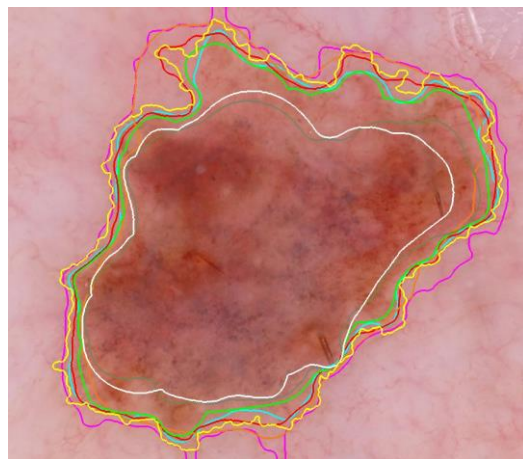
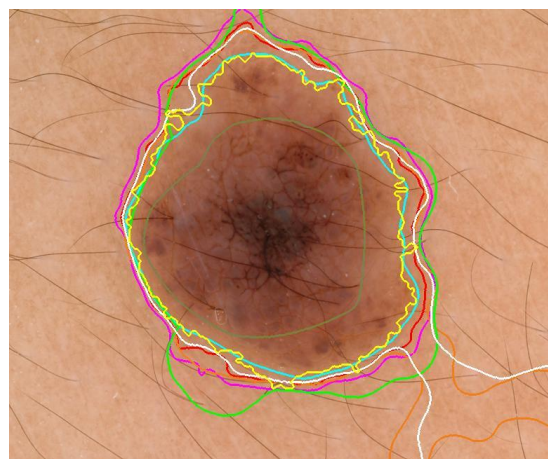
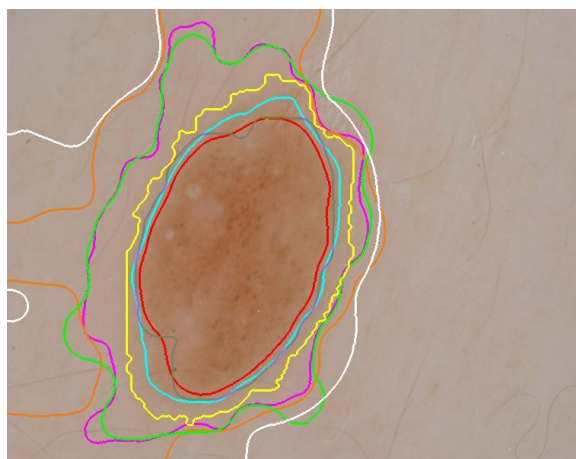
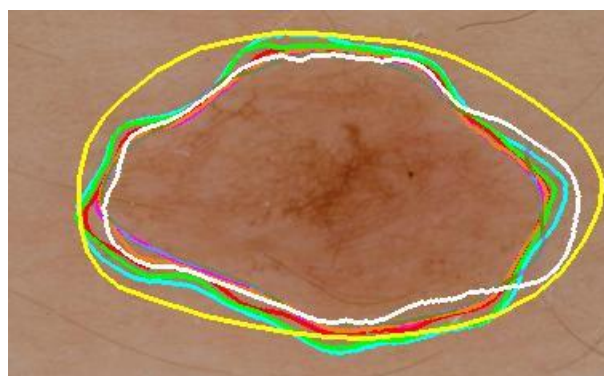
ISIC_0000482

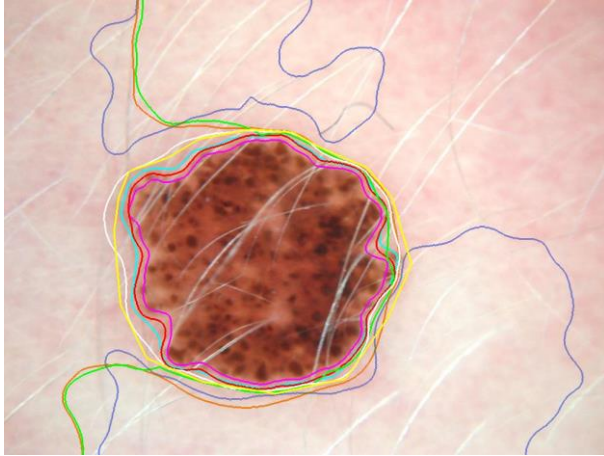


ISIC_0000484

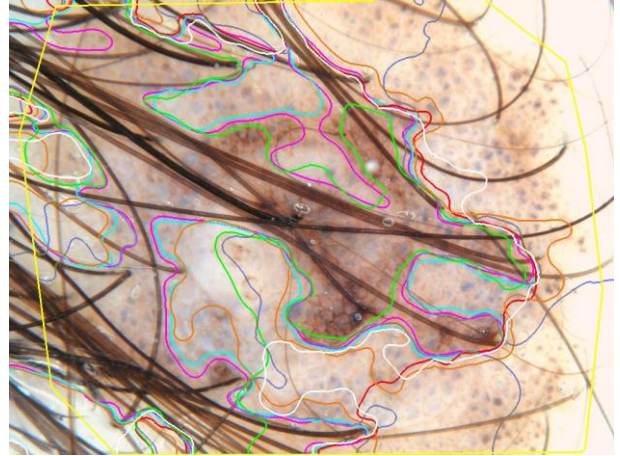


ISIC_0000488

**ISIC_0000509****ISIC_0000511****ISIC_0002438****ISIC_0002439****ISIC_0002476****ISIC_0007475**

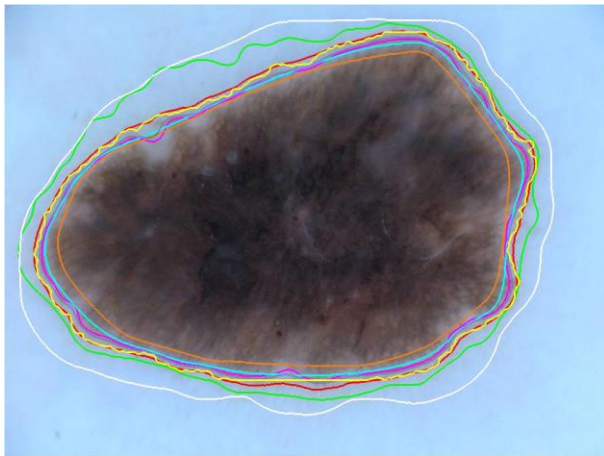


ISIC_0011101

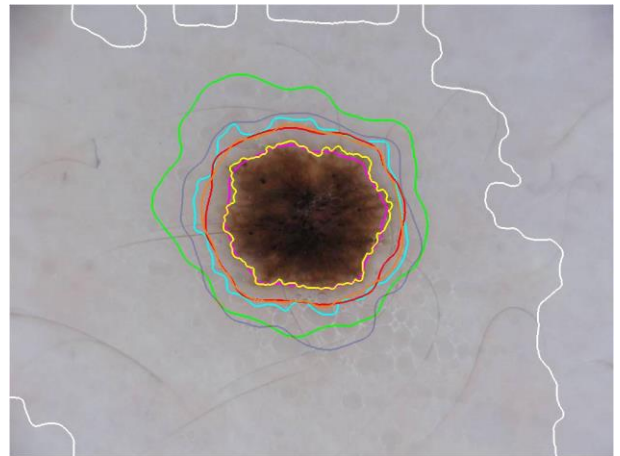


ISIC_0011300

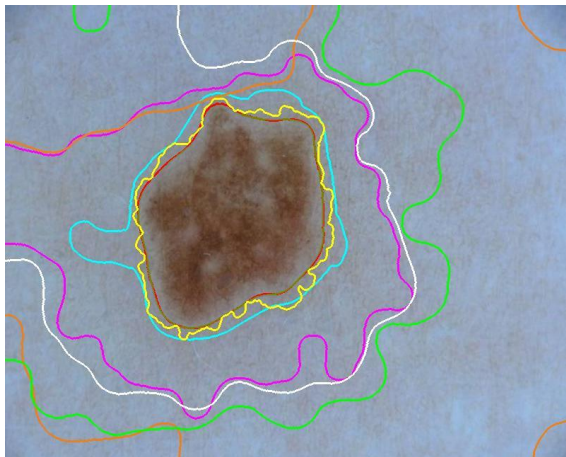
DILATACIÓN, TAMAÑO 5



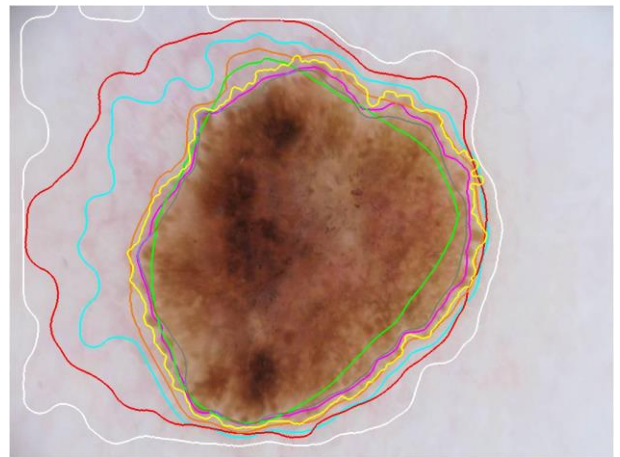
ISIC_0000000



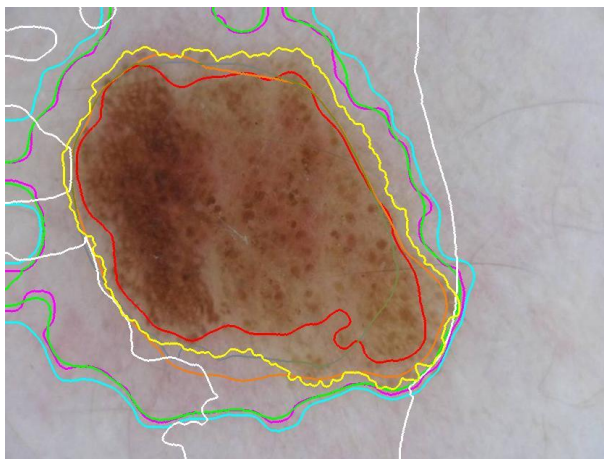
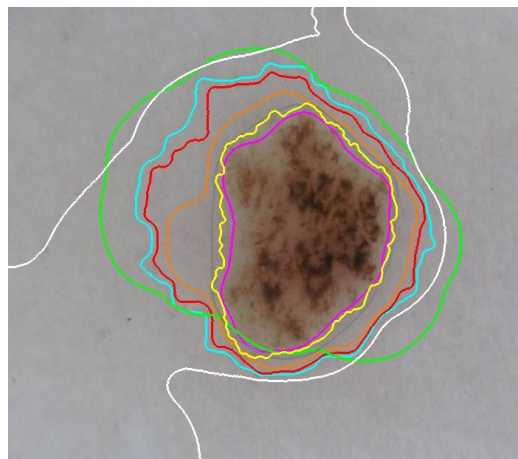
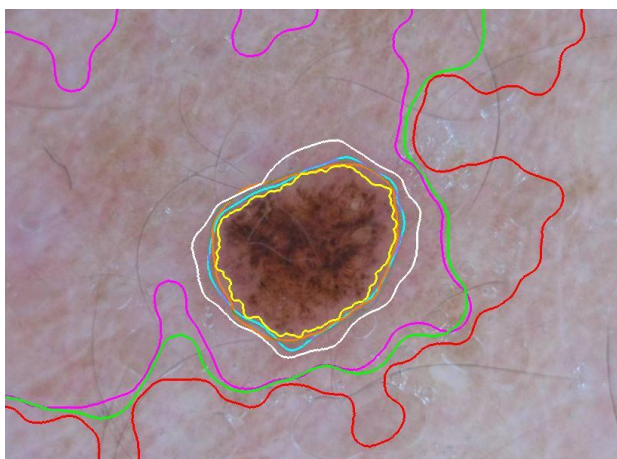
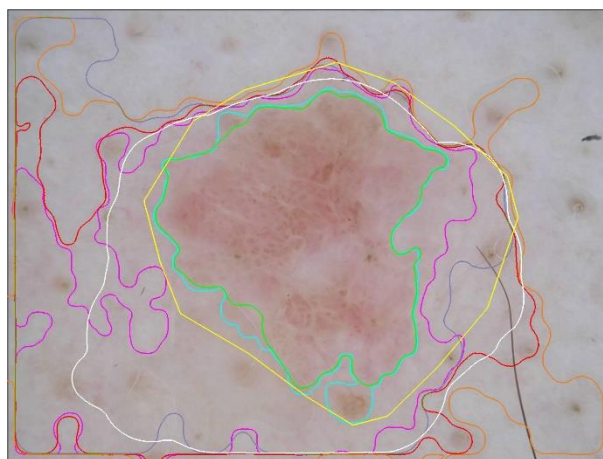
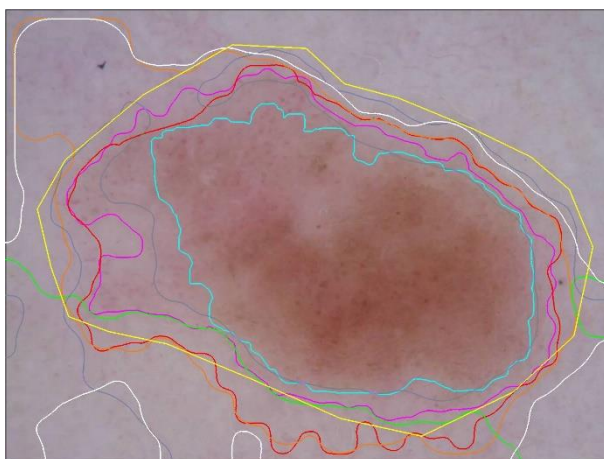
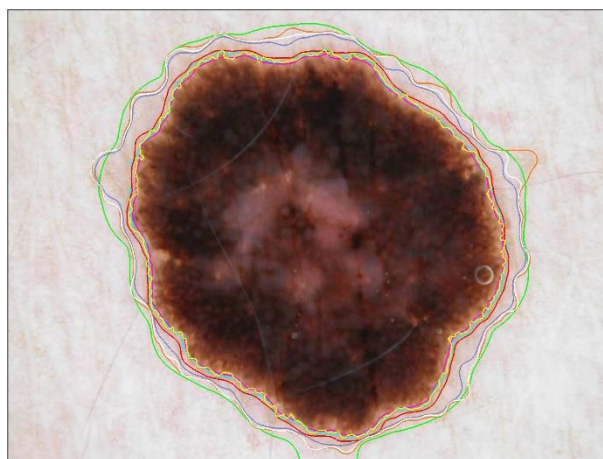
ISIC_0000001

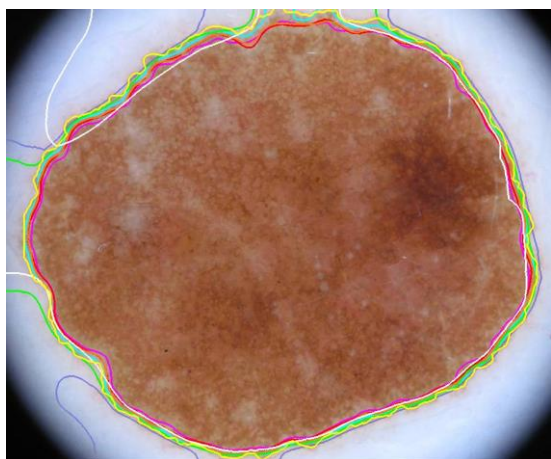


ISIC_0000006

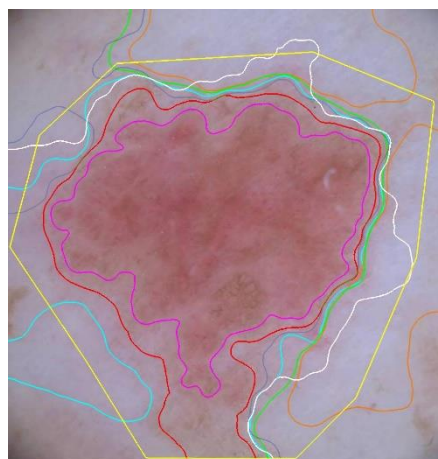


ISIC_0000008

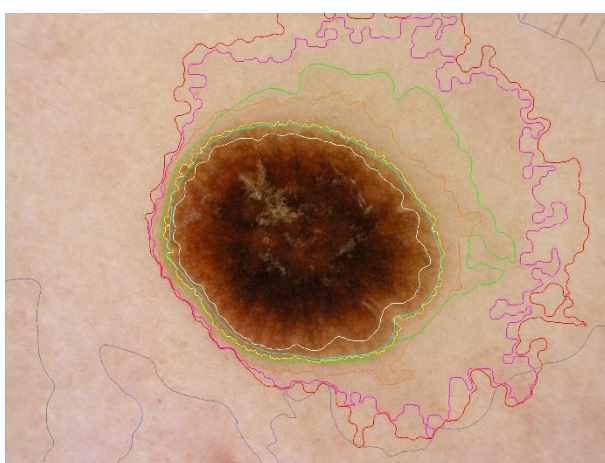
**ISIC_0000009****ISIC_0000010****ISIC_0000012****ISIC_0000024****ISIC_0000026****ISIC_0000029**



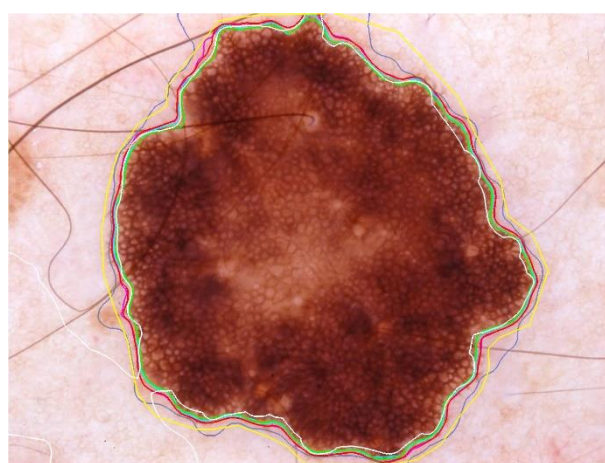
ISIC_0000075



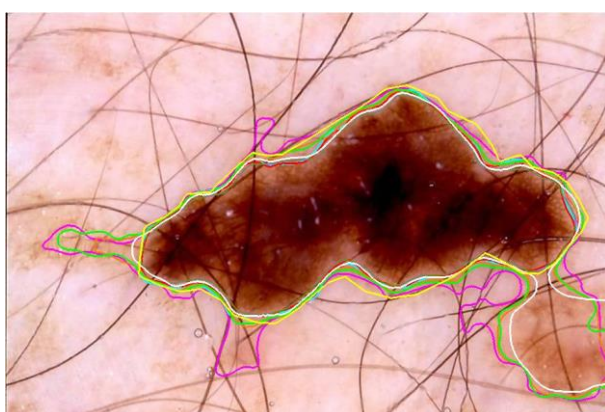
ISIC_0000077



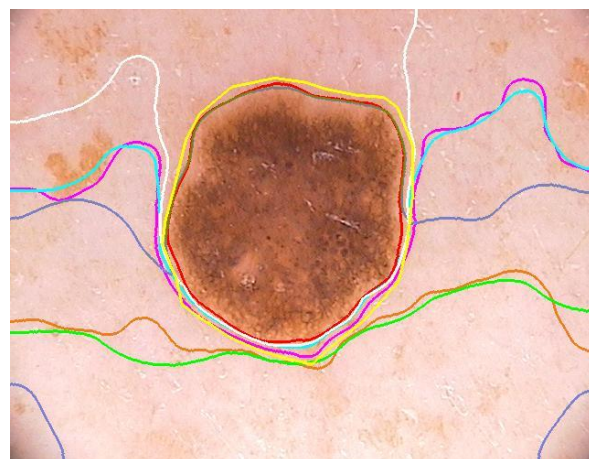
ISIC_0000080



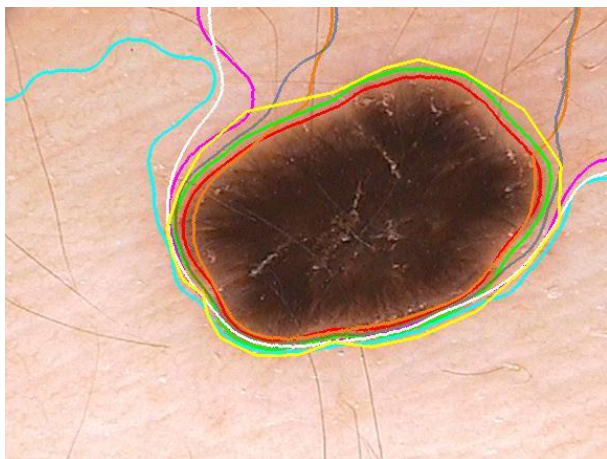
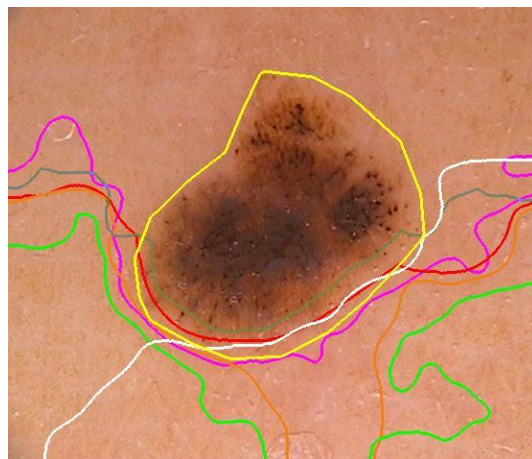
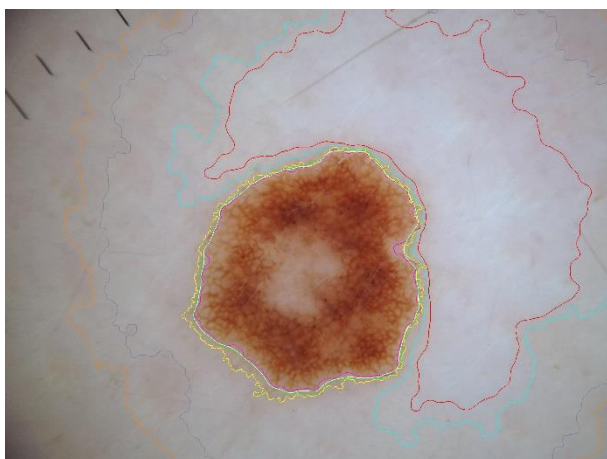
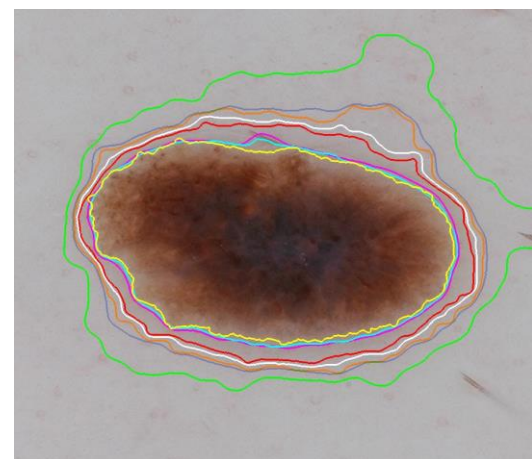
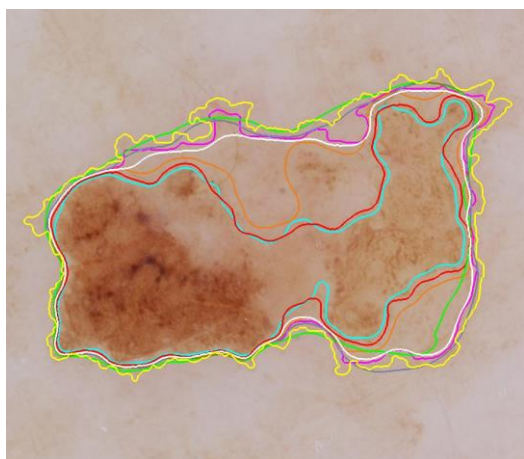
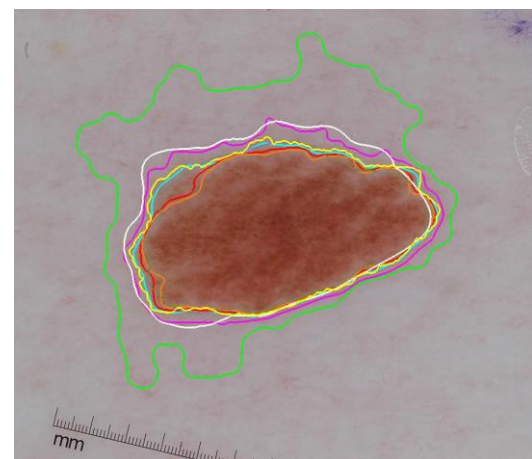
ISIC_0000204

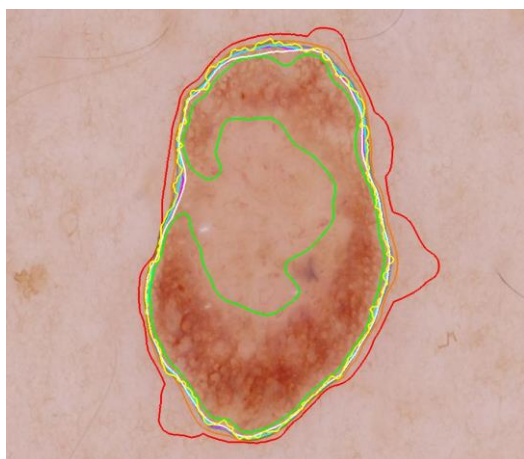


ISIC_0000214

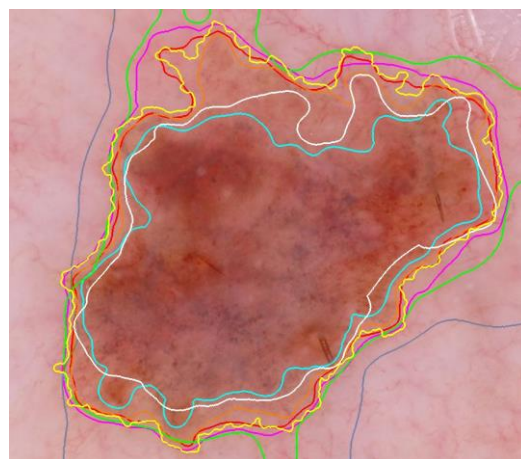


ISIC_0000329

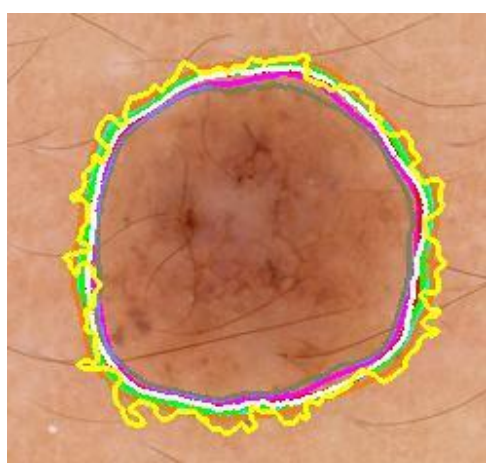
**ISIC_0000330****ISIC_0000336****ISIC_0000386****ISIC_0000482****ISIC_0000484****ISIC_0000488**



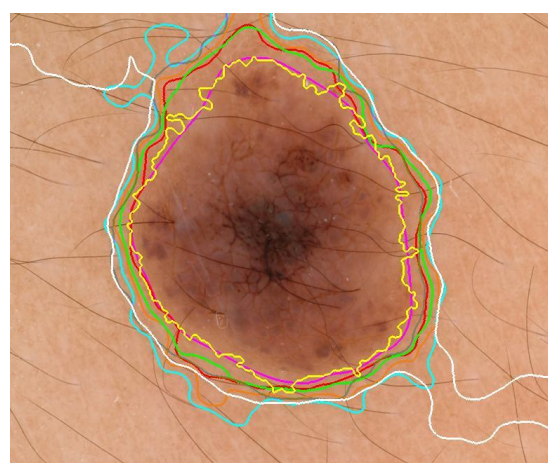
ISIC_0000509



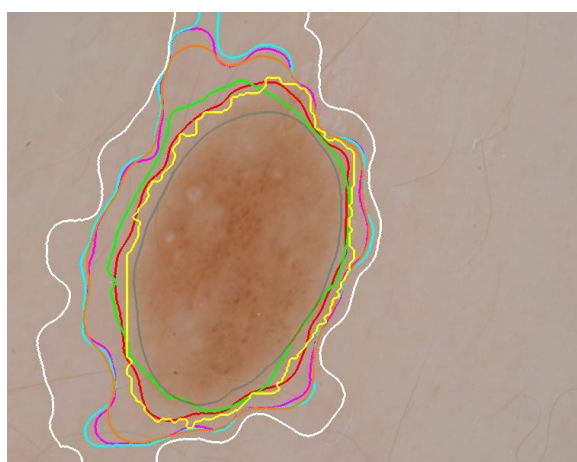
ISIC_0000511



ISIC_0002438



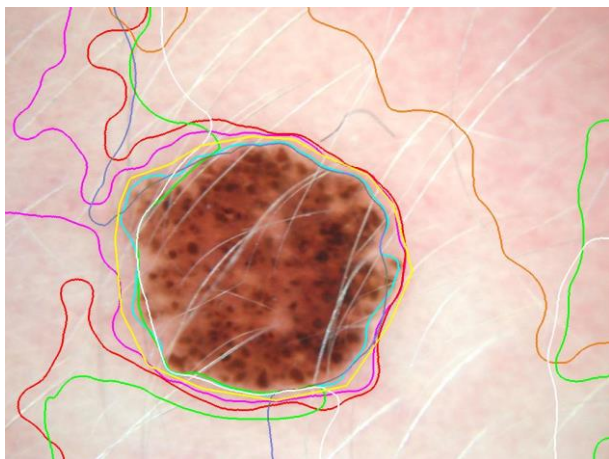
ISIC_0002439



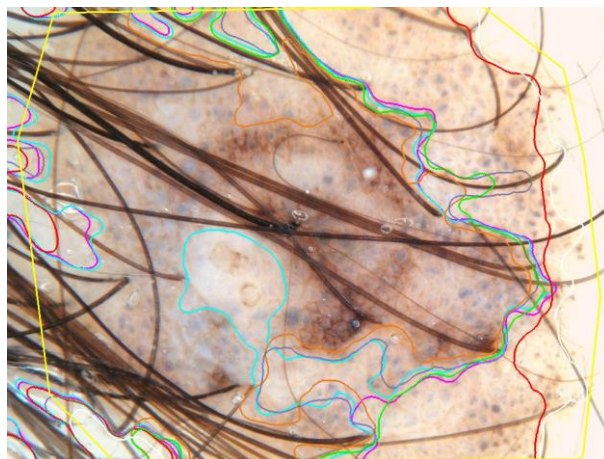
ISIC_0002476



ISIC_0007475

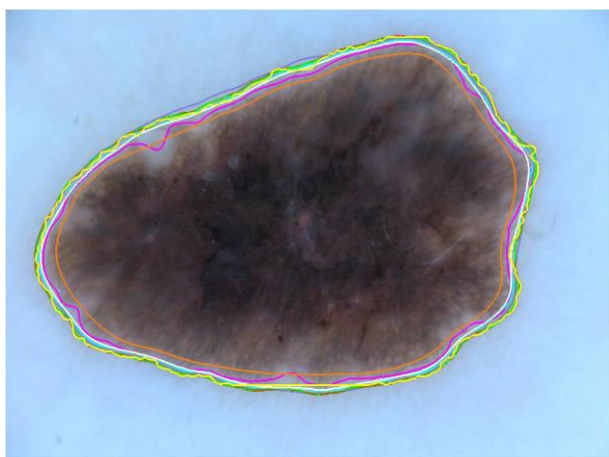


ISIC_0011101

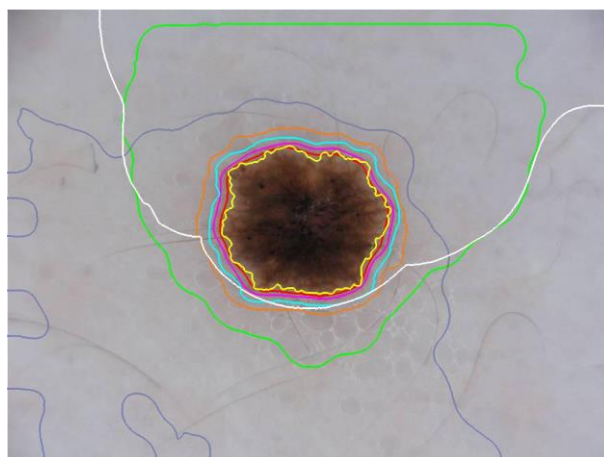


ISIC_0011300

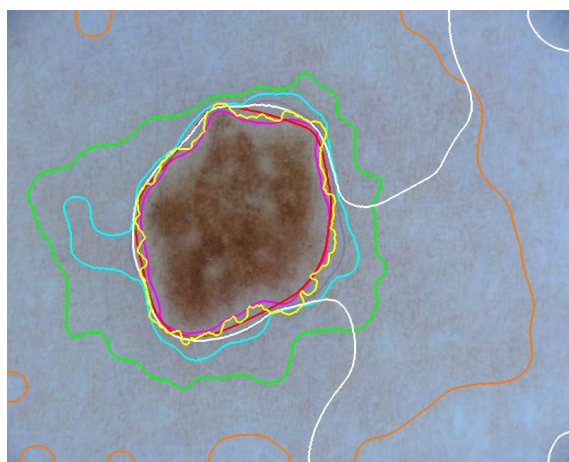
DILATACIÓN, TAMAÑO 7



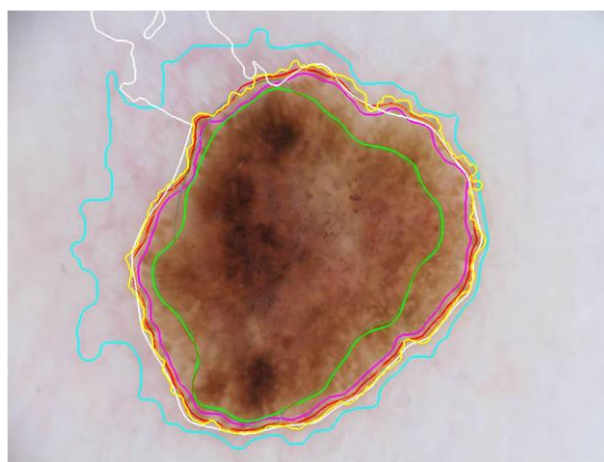
ISIC_0000000



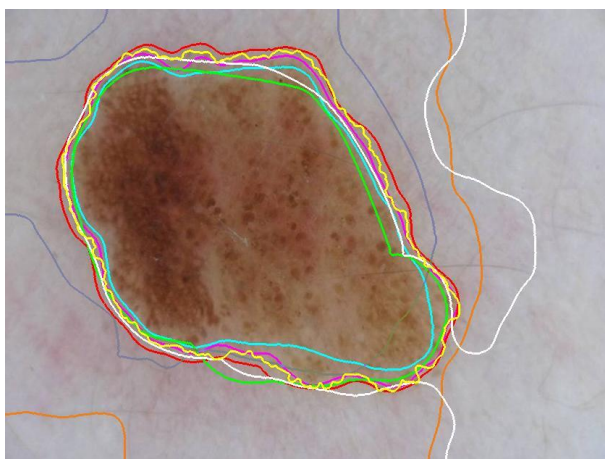
ISIC_0000001



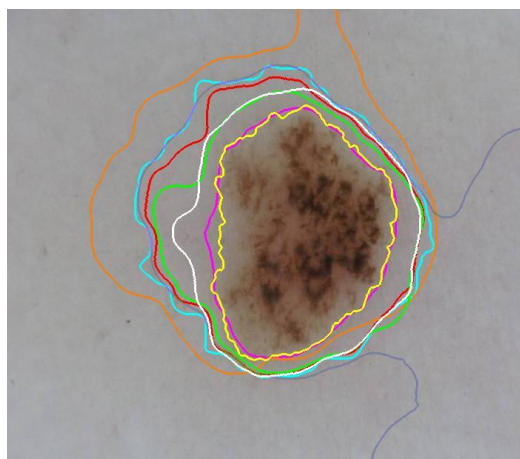
ISIC_0000006



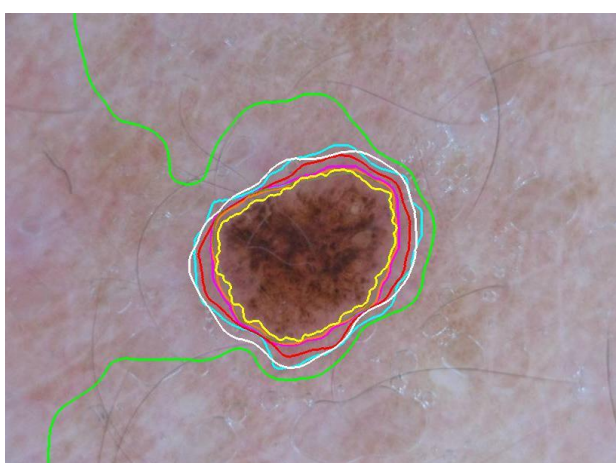
ISIC_0000008



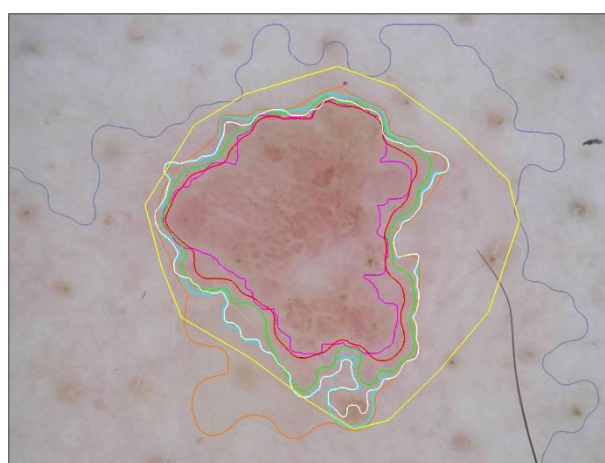
ISIC_0000009



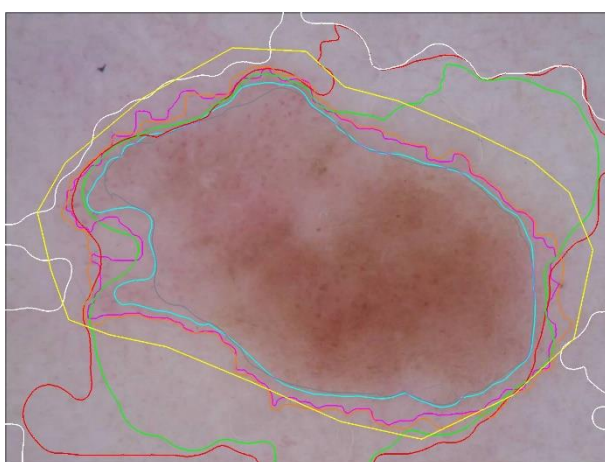
ISIC_0000010



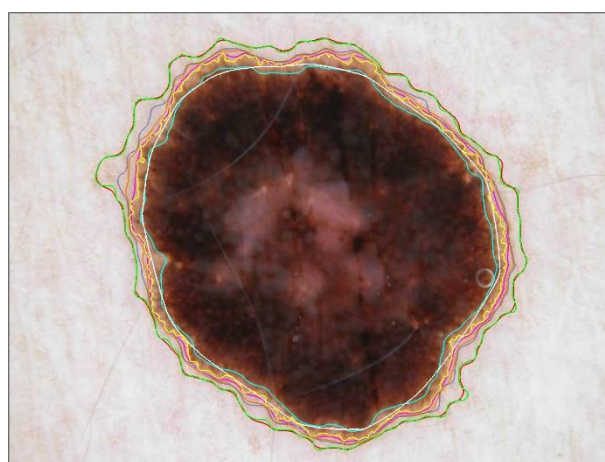
ISIC_0000012



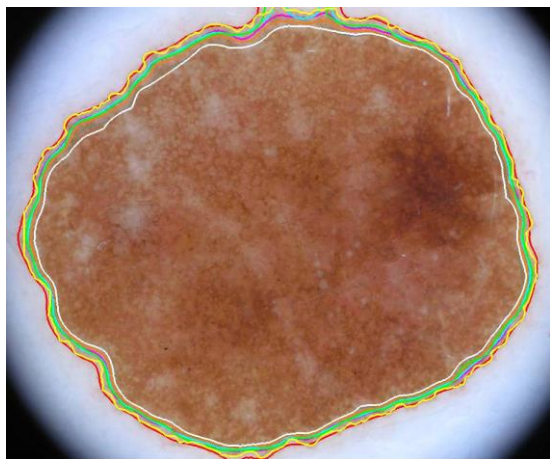
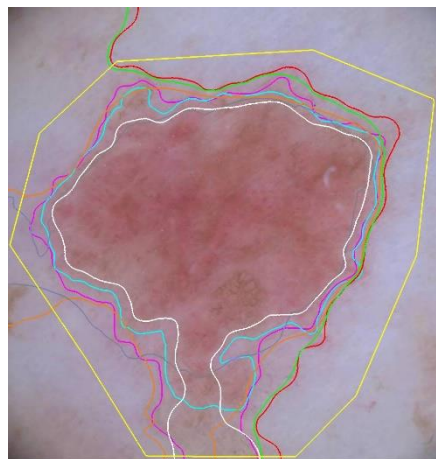
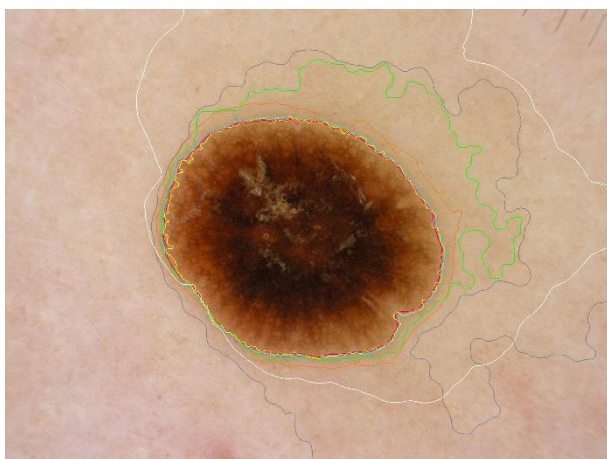
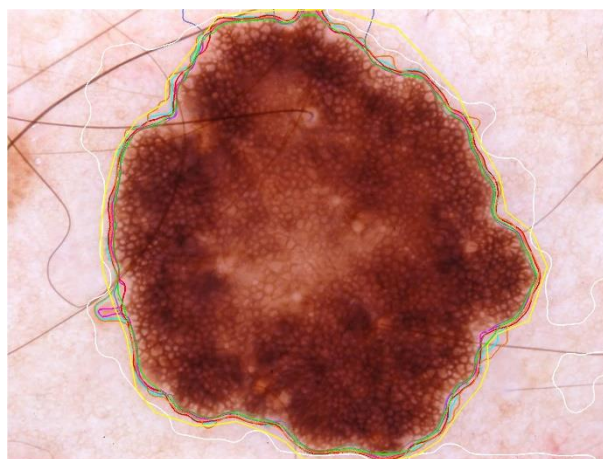
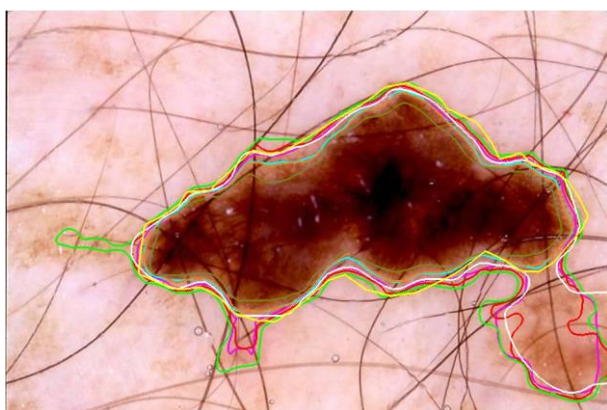
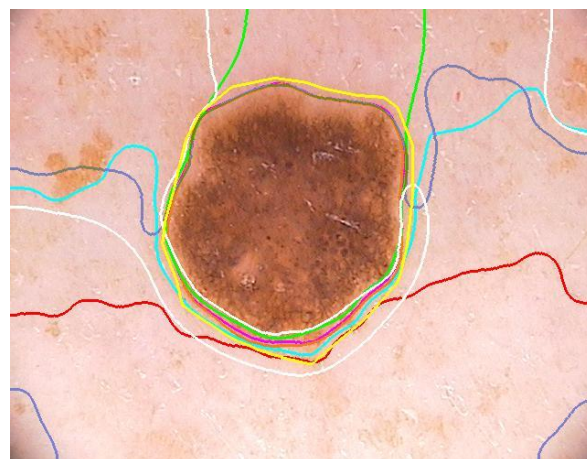
ISIC_0000024

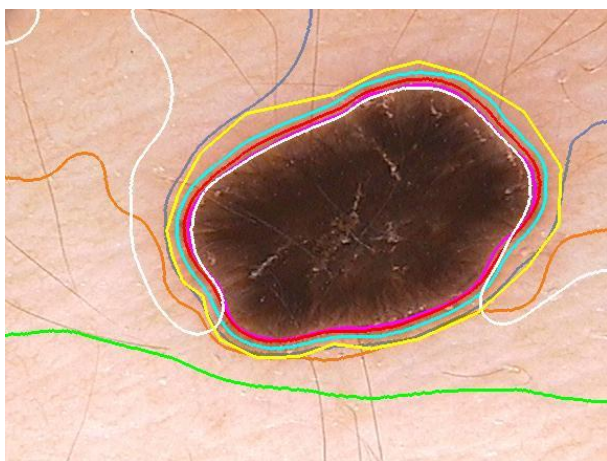


ISIC_0000026

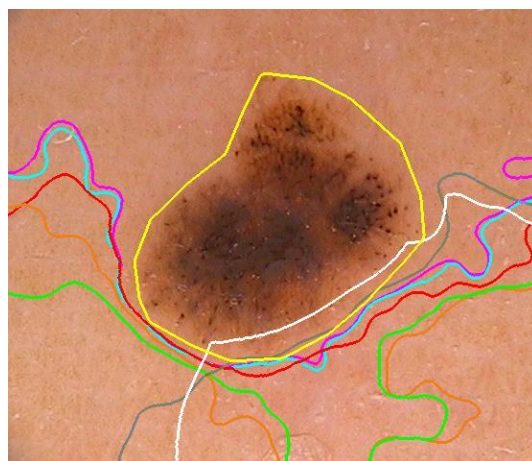


ISIC_0000029

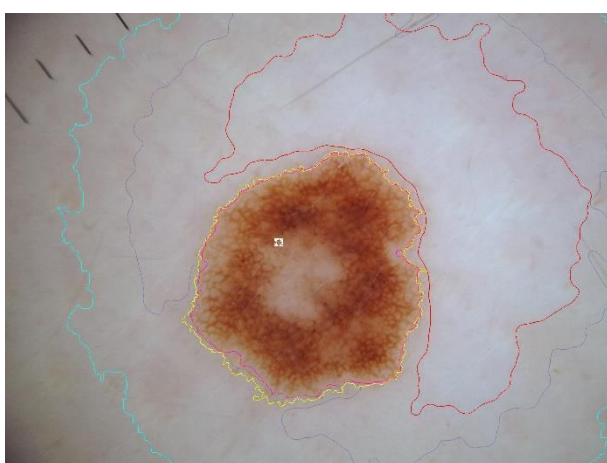
**ISIC_0000075****ISIC_0000077****ISIC_0000080****ISIC_0000204****ISIC_0000214****ISIC_0000329**



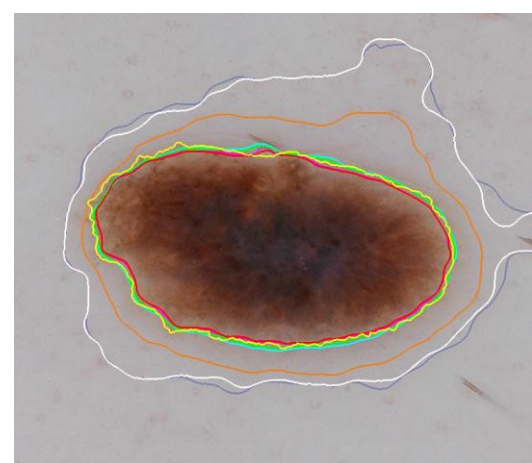
ISIC_0000330



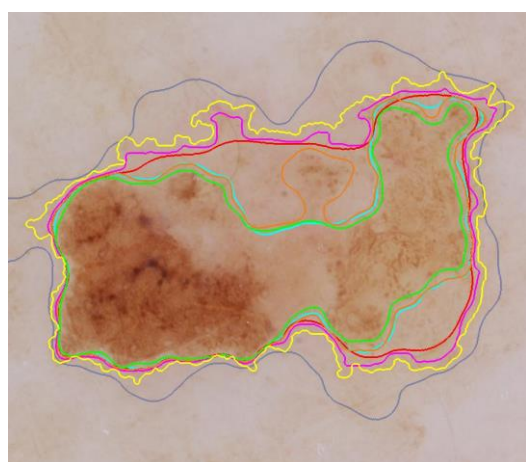
ISIC_0000336



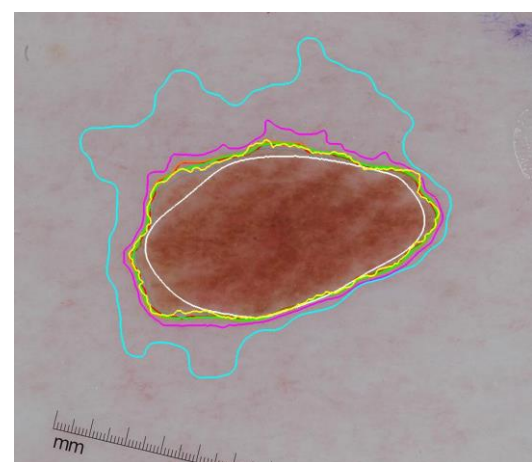
ISIC_0000386



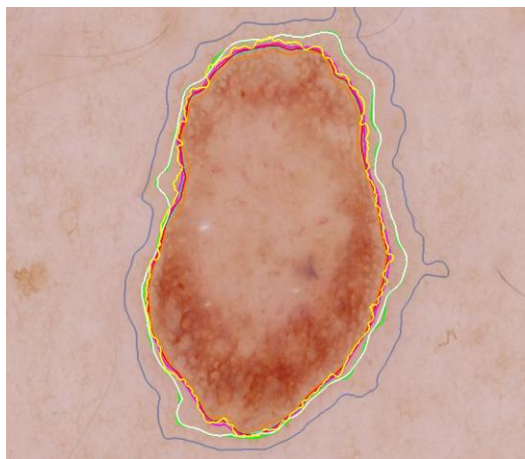
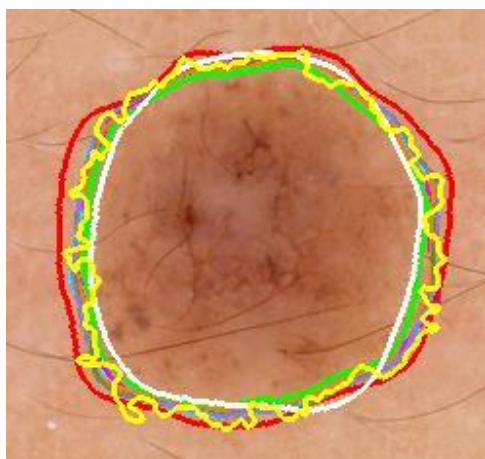
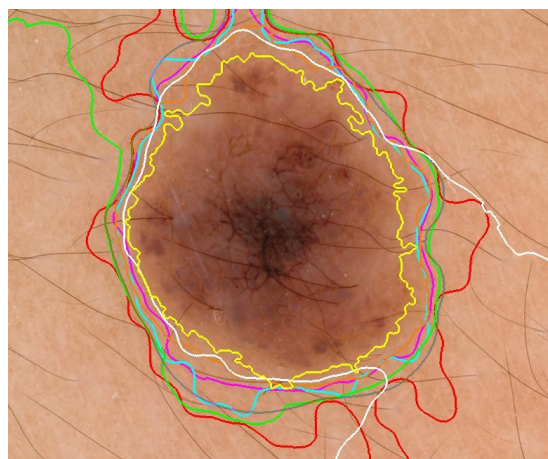
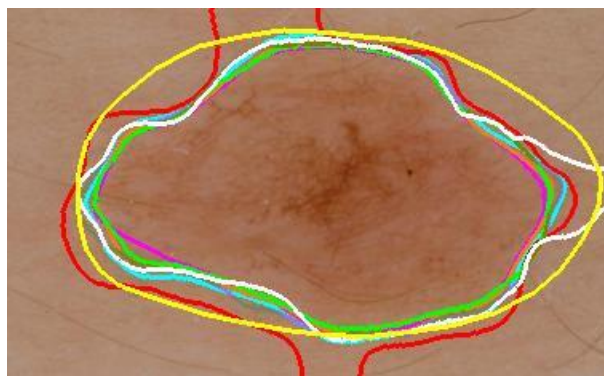
ISIC_0000482

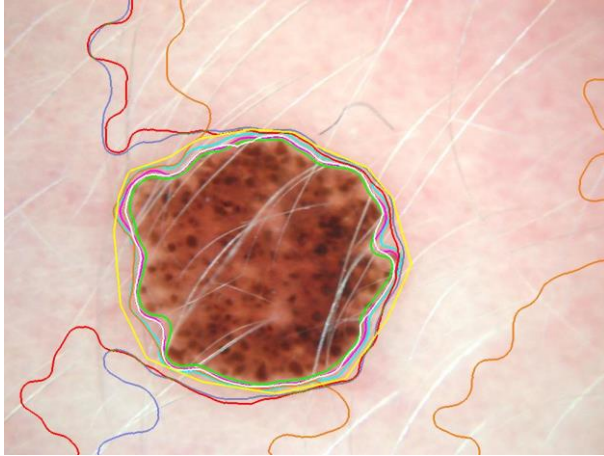


ISIC_0000484

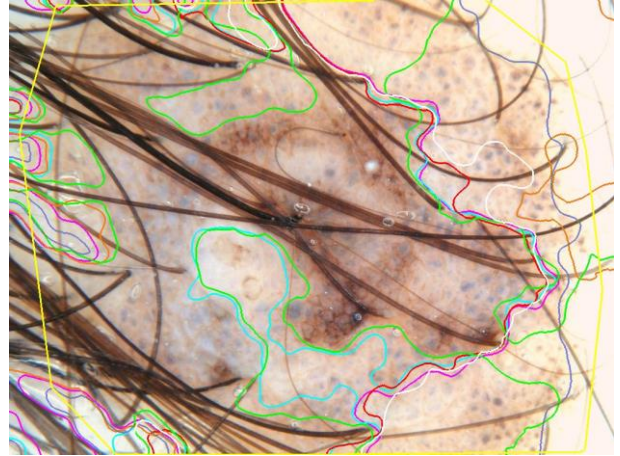


ISIC_0000488

**ISIC_0000509****ISIC_0000511****ISIC_0002438****ISIC_0002439****ISIC_0002476****ISIC_0007475**

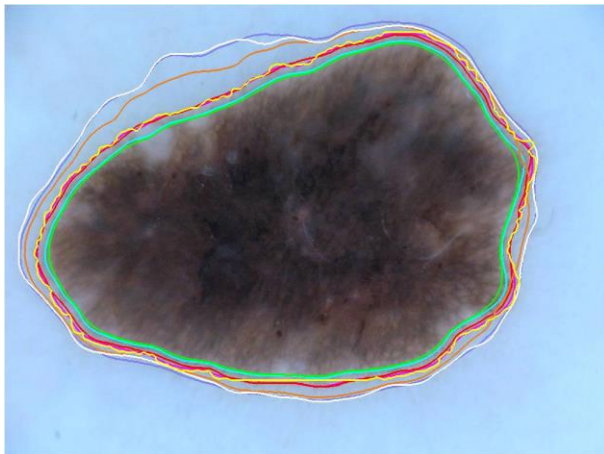


ISIC_0011101

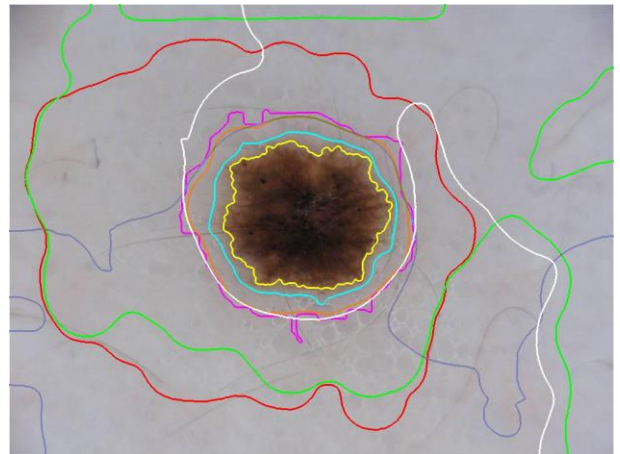


ISIC_0011300

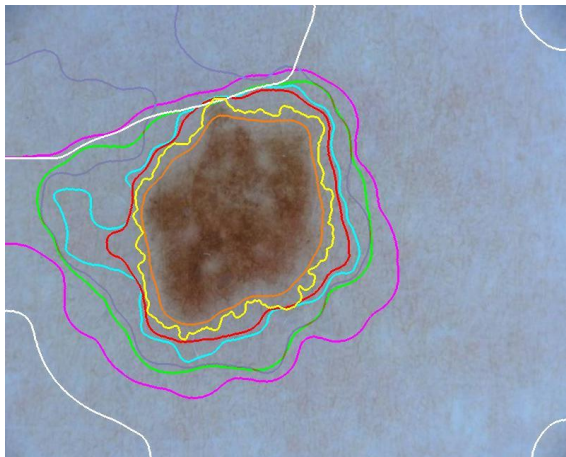
DILATACIÓN, TAMAÑO 10



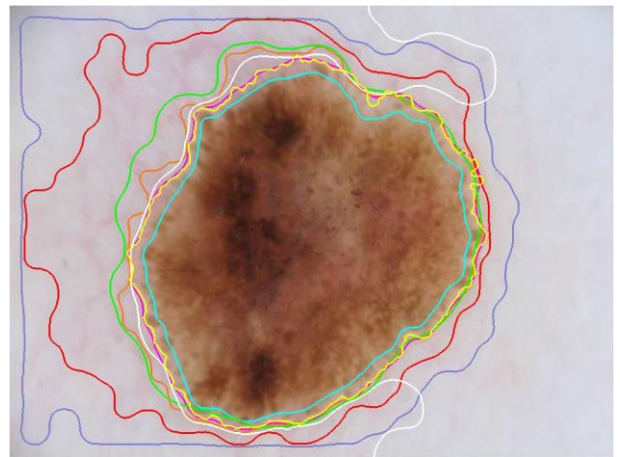
ISIC_0000000



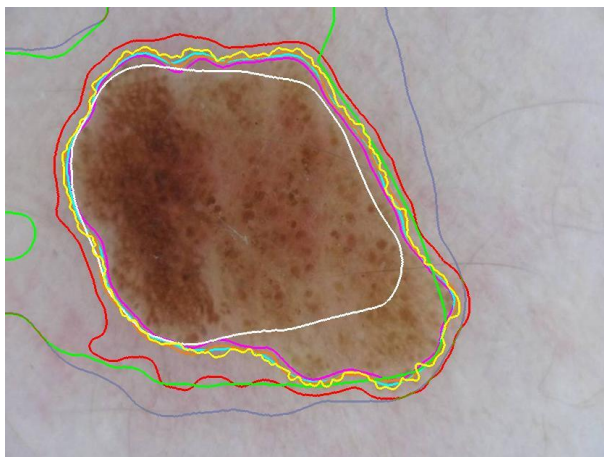
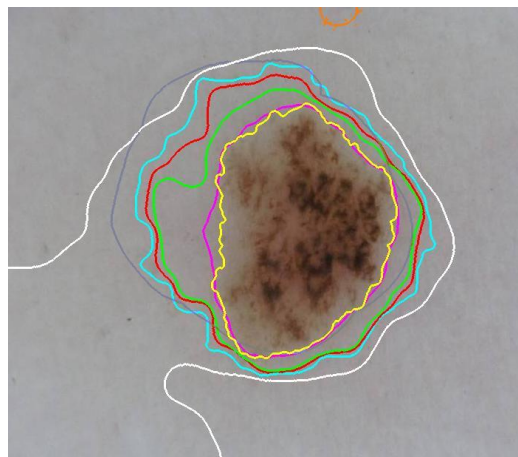
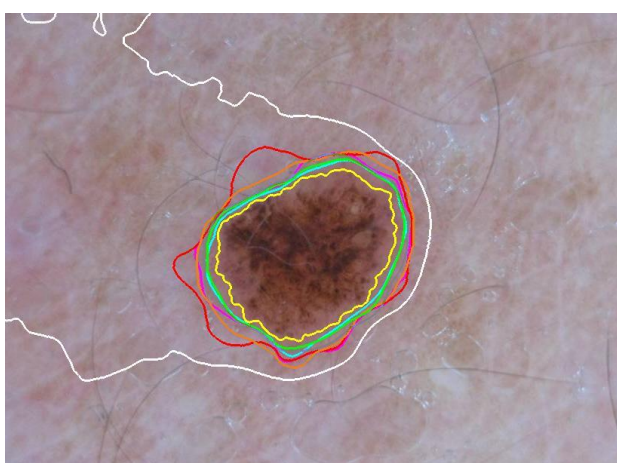
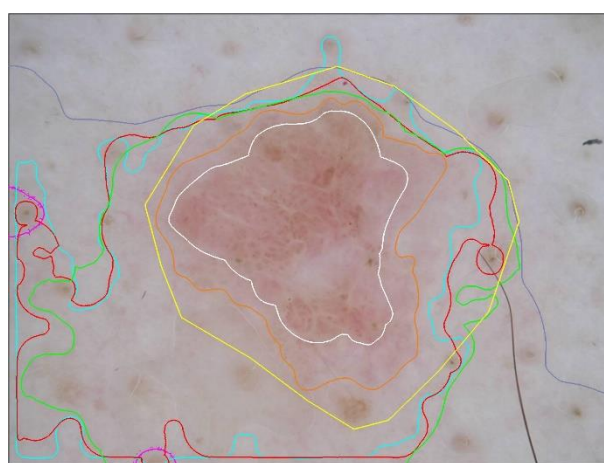
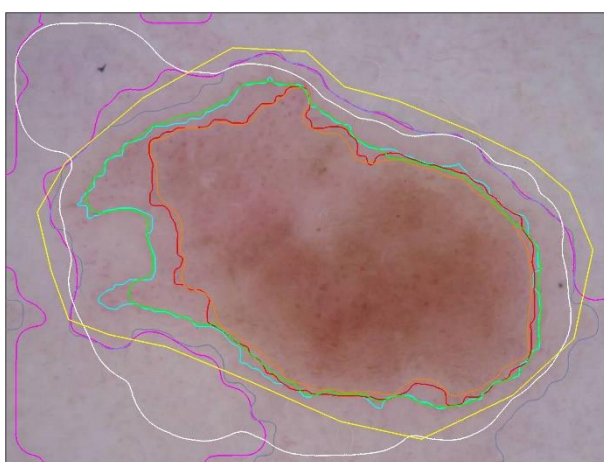
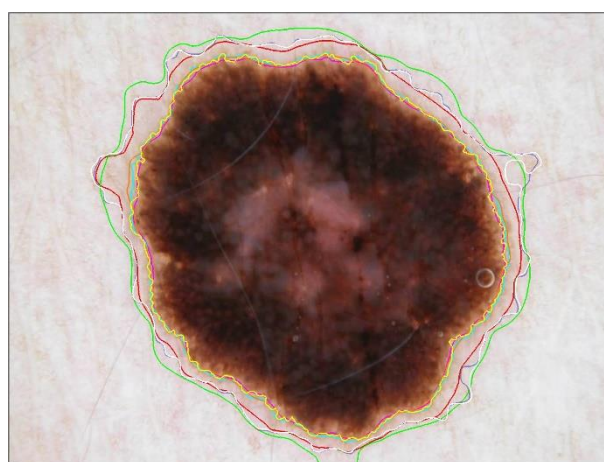
ISIC_0000001

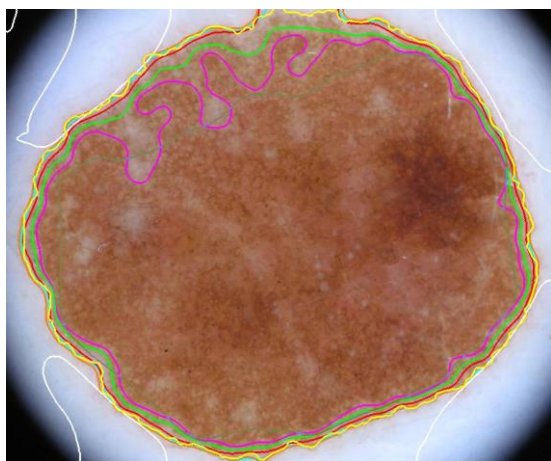


ISIC_0000006

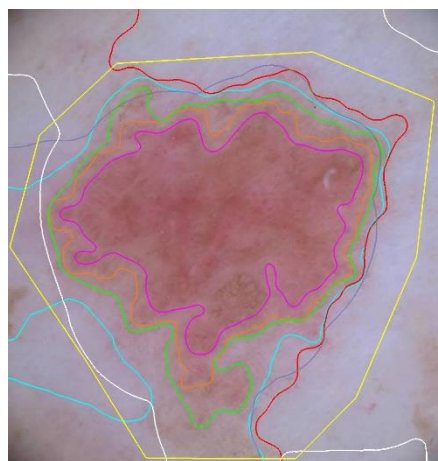


ISIC_0000008

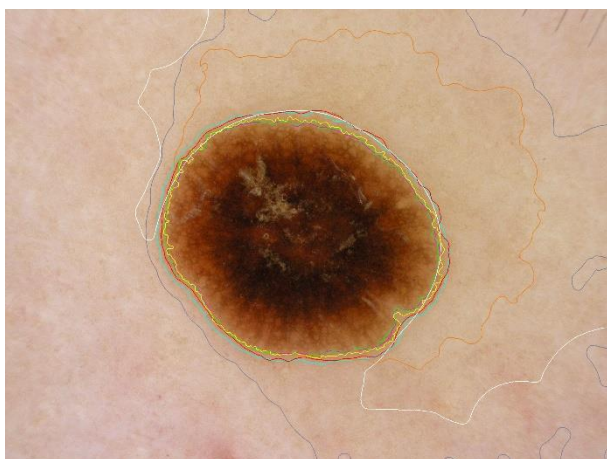
**ISIC_0000009****ISIC_0000010****ISIC_0000012****ISIC_0000024****ISIC_0000026****ISIC_0000029**



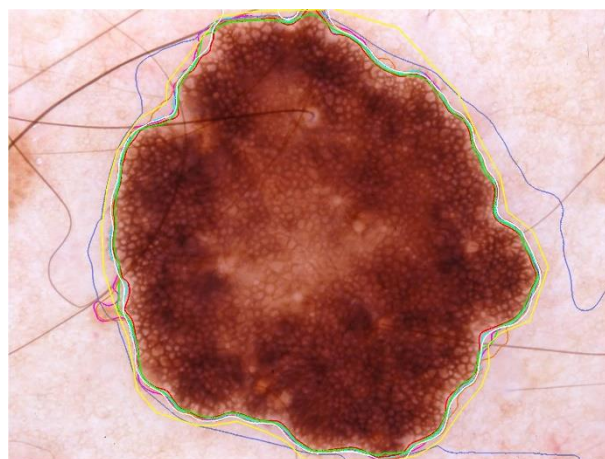
ISIC_0000075



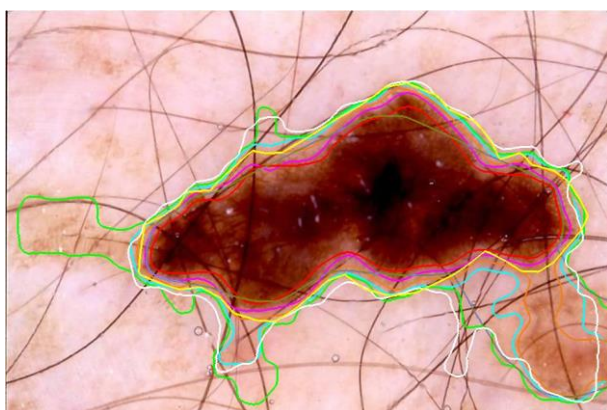
ISIC_0000077



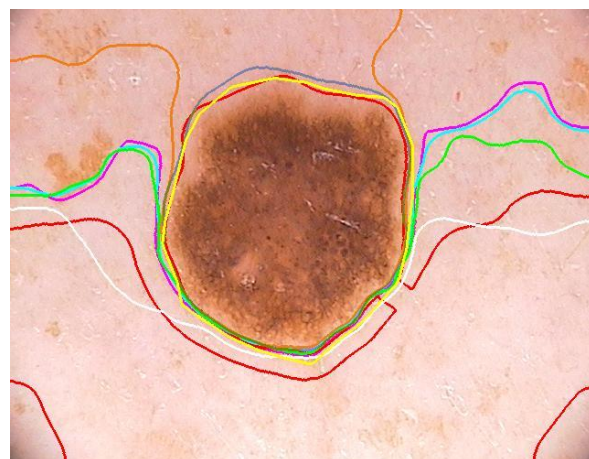
ISIC_0000080



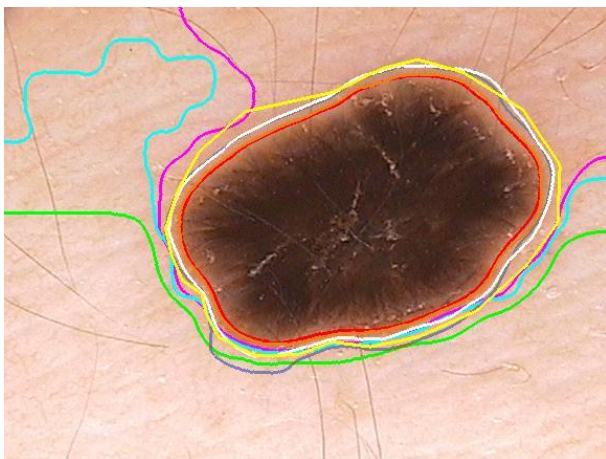
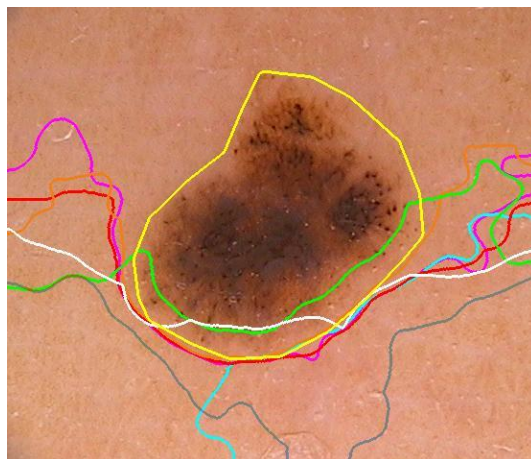
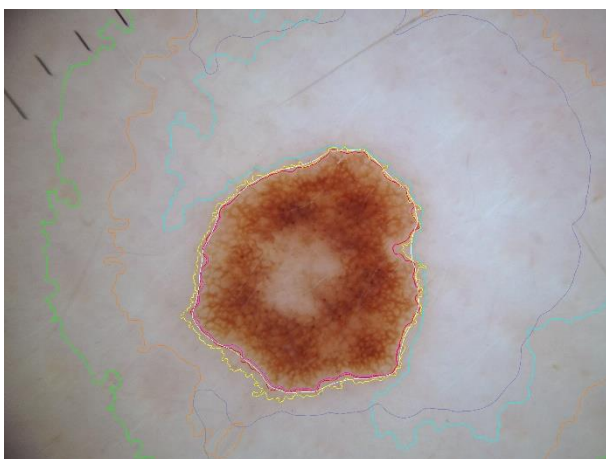
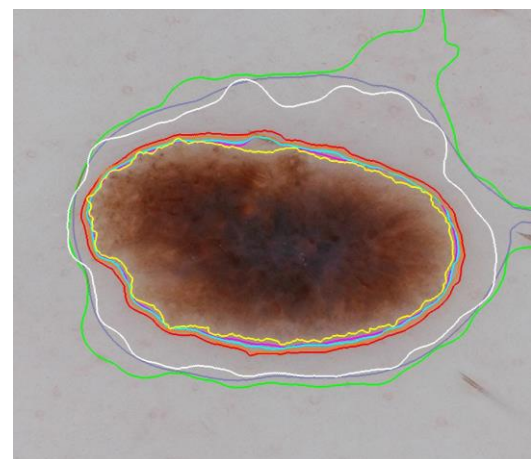
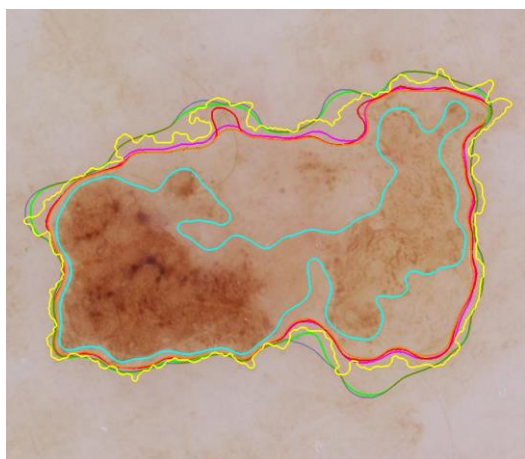
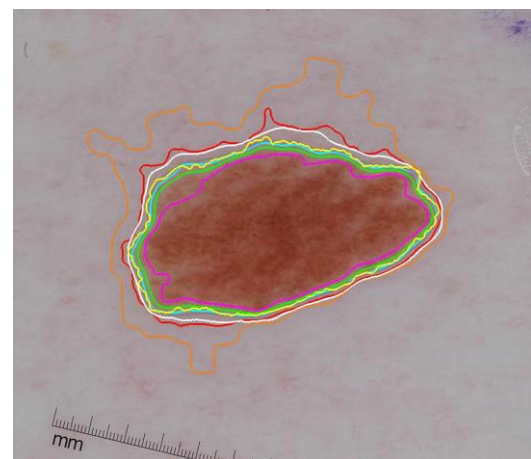
ISIC_0000204

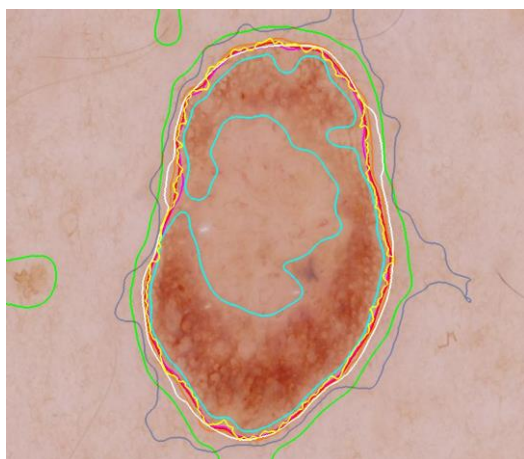


ISIC_0000214

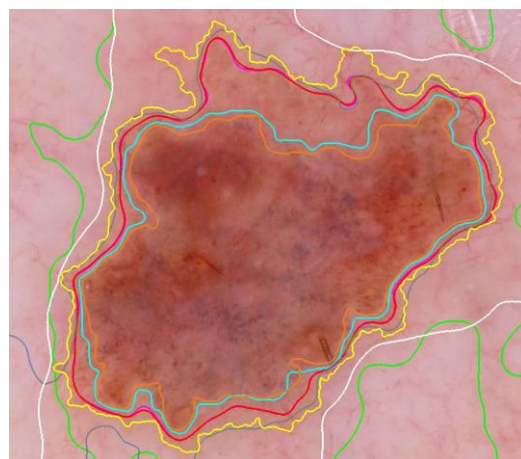


ISIC_0000329

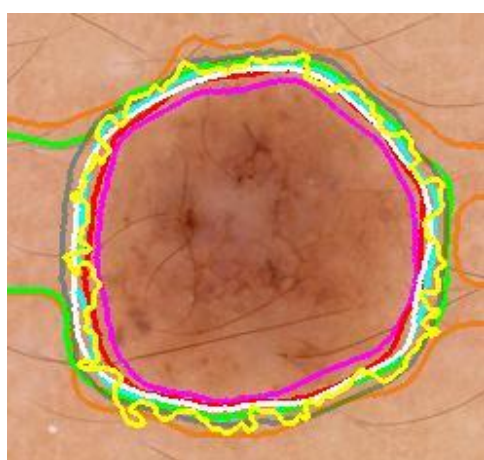
**ISIC_0000330****ISIC_0000336****ISIC_0000386****ISIC_0000482****ISIC_0000484****ISIC_0000488**



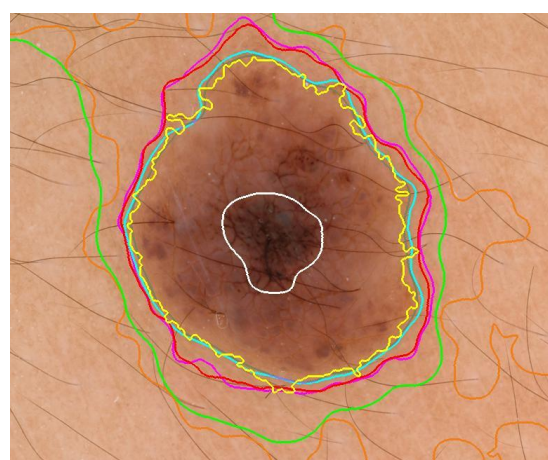
ISIC_0000509



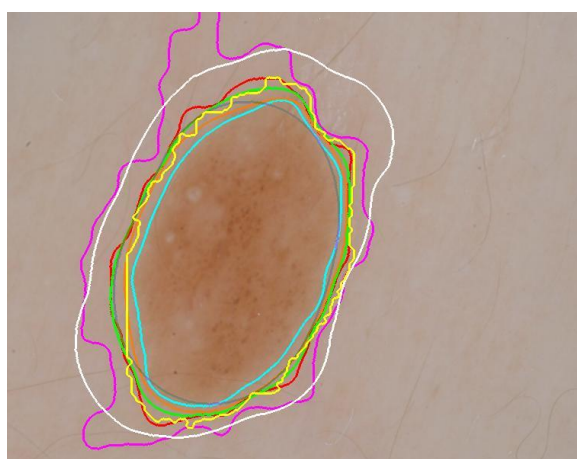
ISIC_0000511



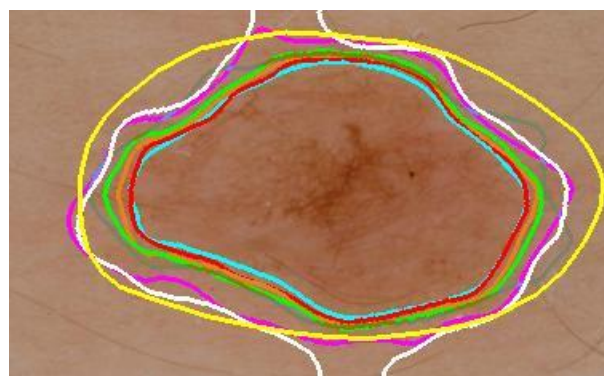
ISIC_0002438



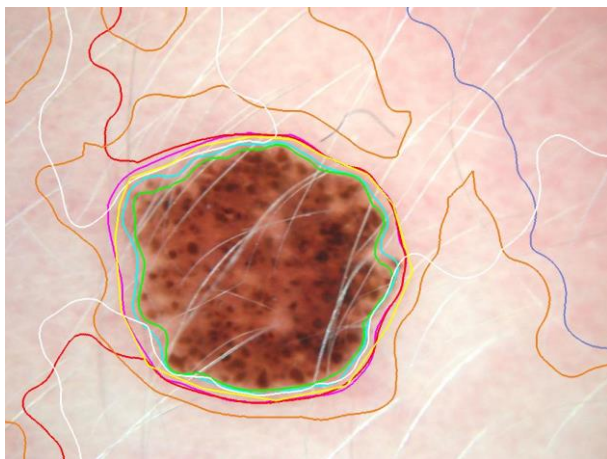
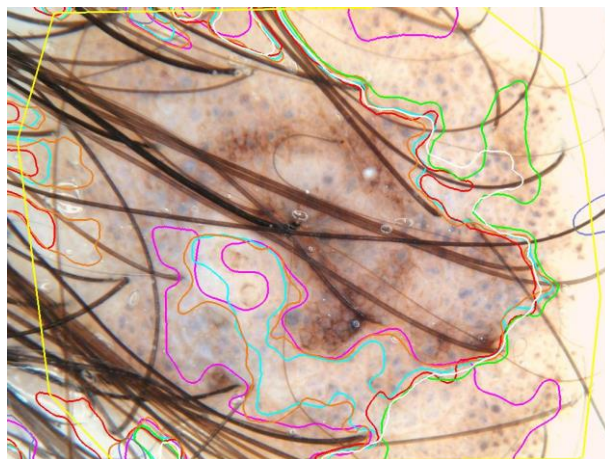
ISIC_0002439



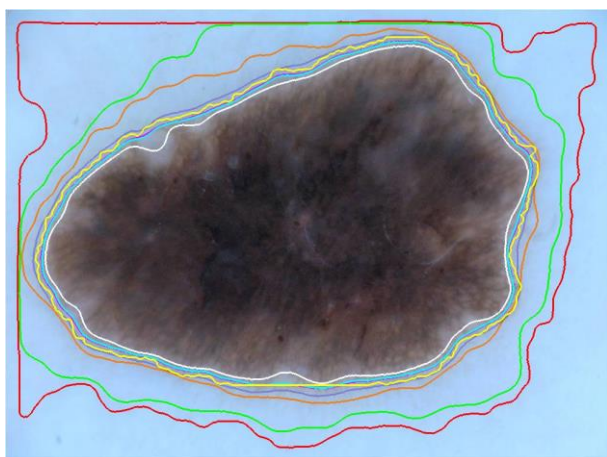
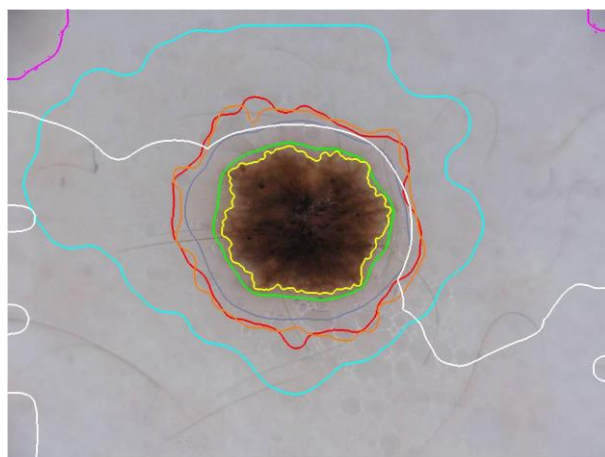
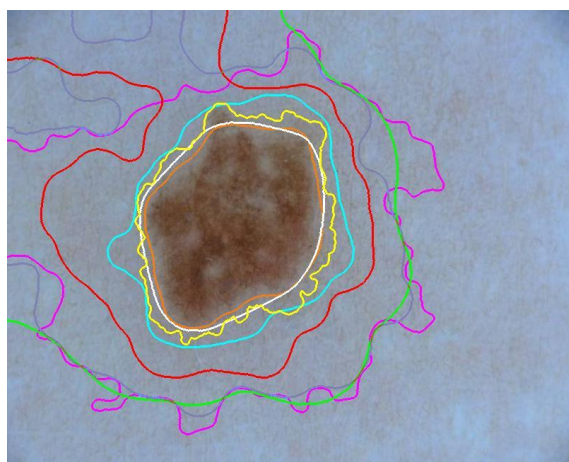
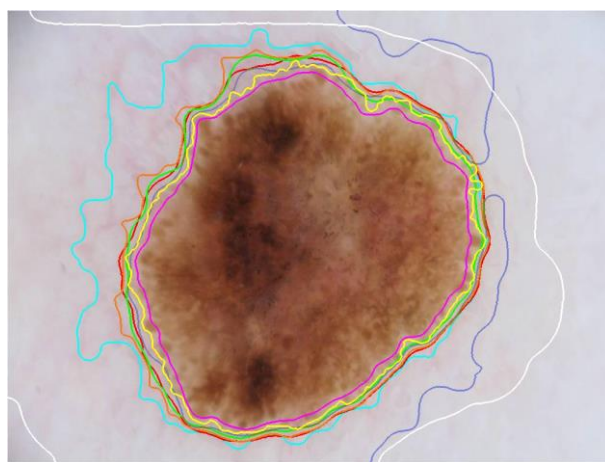
ISIC_0002476

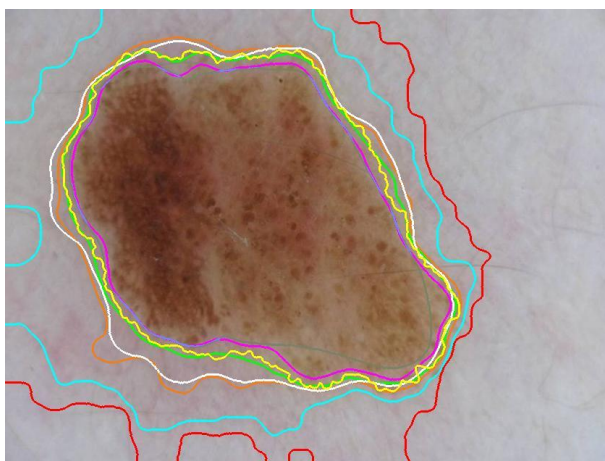


ISIC_0007475

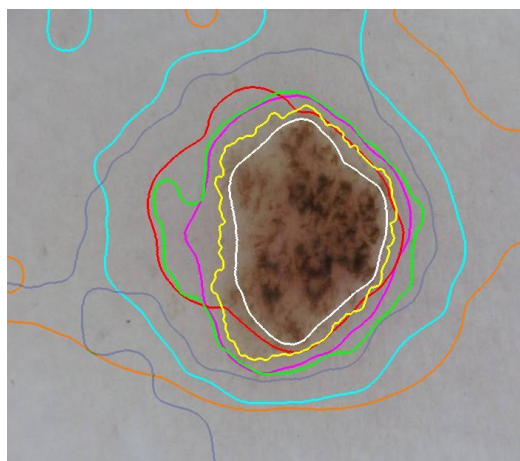
**ISIC_0011101****ISIC_0011300**

DILATACIÓN, TAMAÑO 15

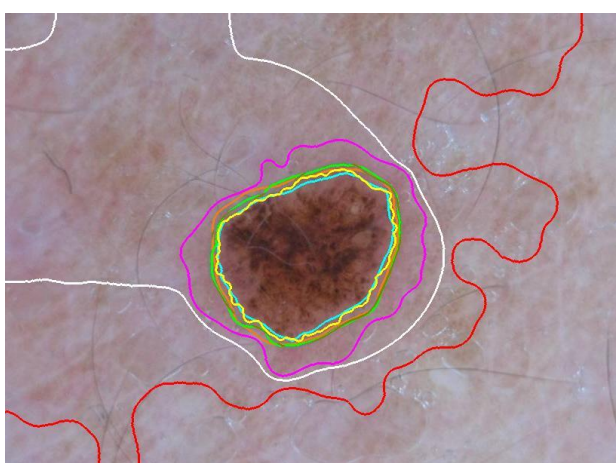
**ISIC_0000000****ISIC_0000001****ISIC_0000006****ISIC_0000008**



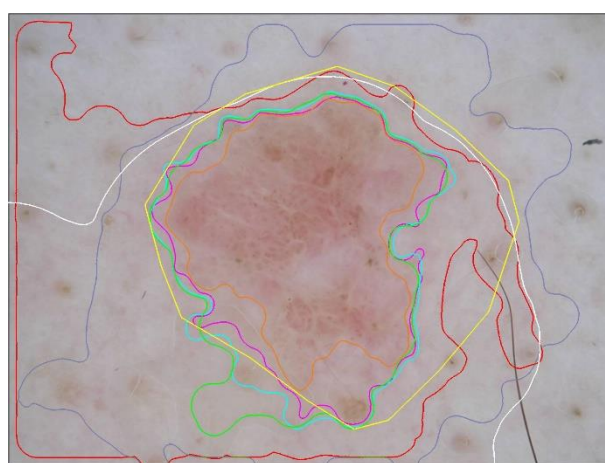
ISIC_0000009



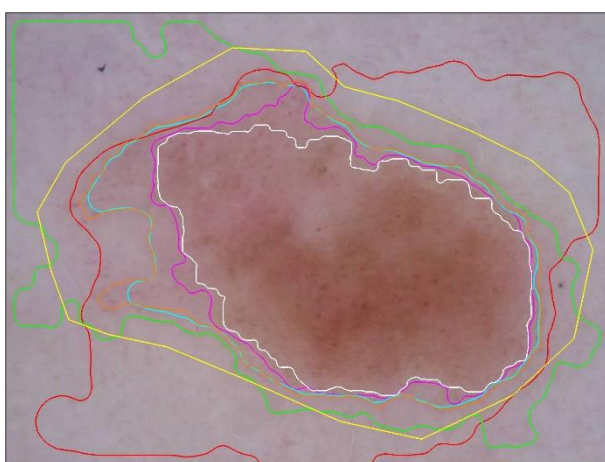
ISIC_0000010



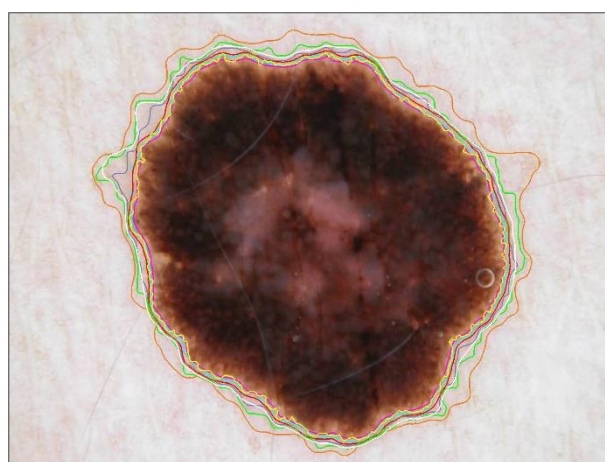
ISIC_0000012



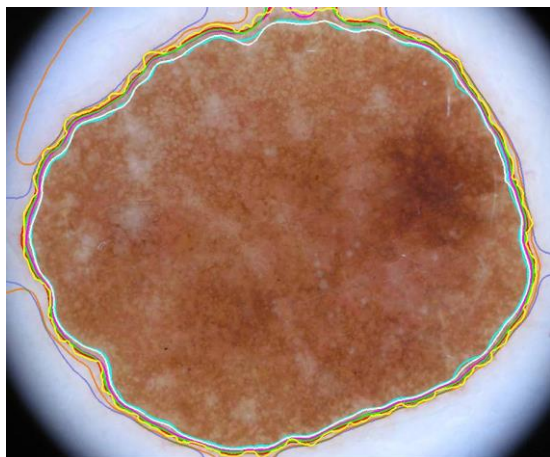
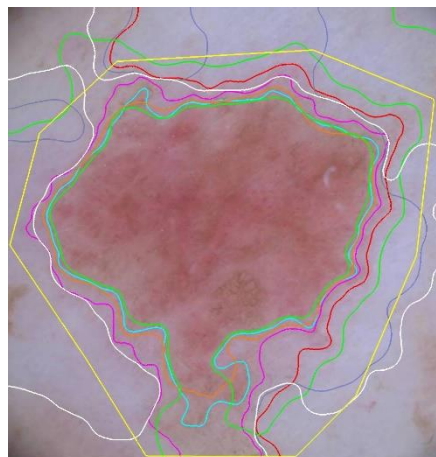
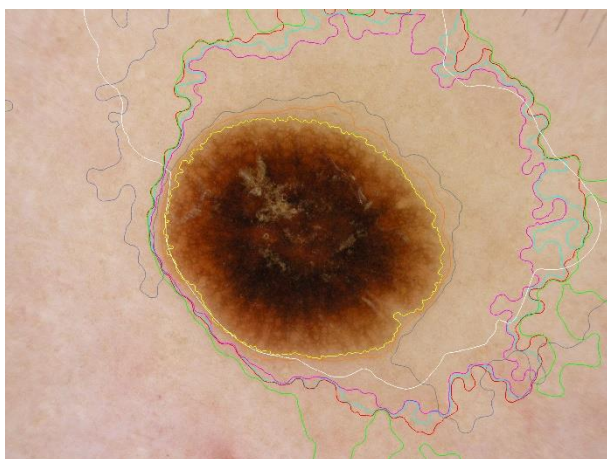
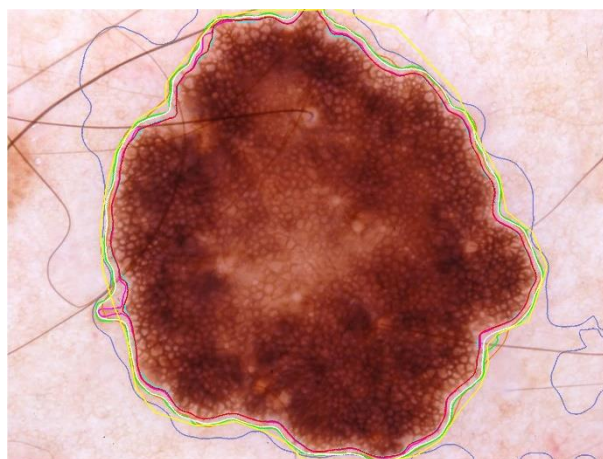
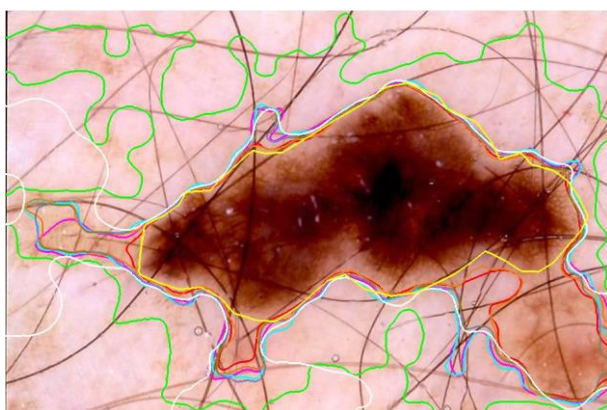
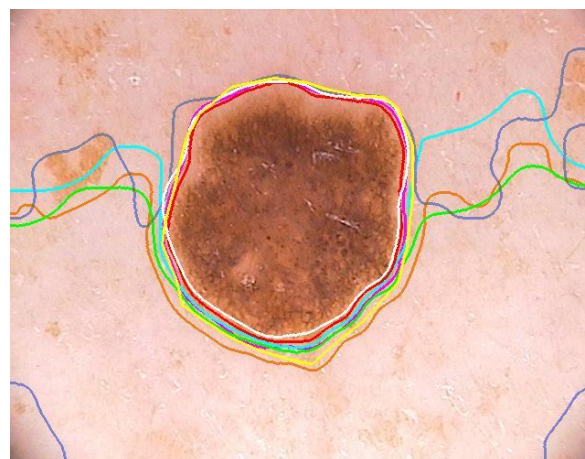
ISIC_0000024

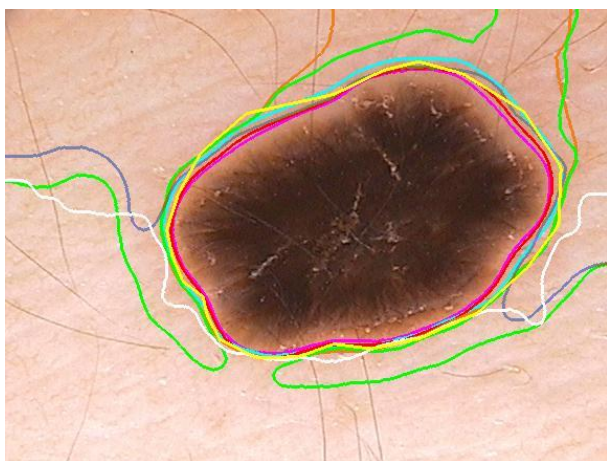


ISIC_0000026

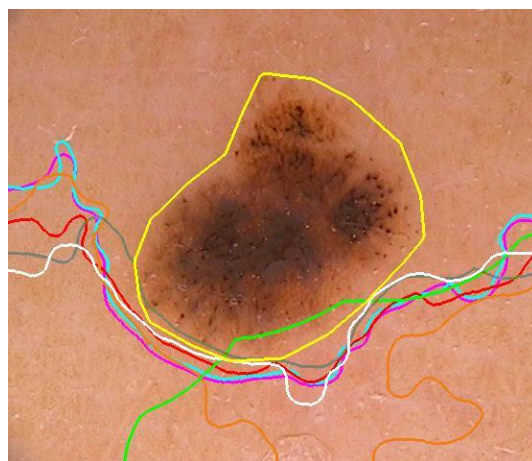


ISIC_0000029

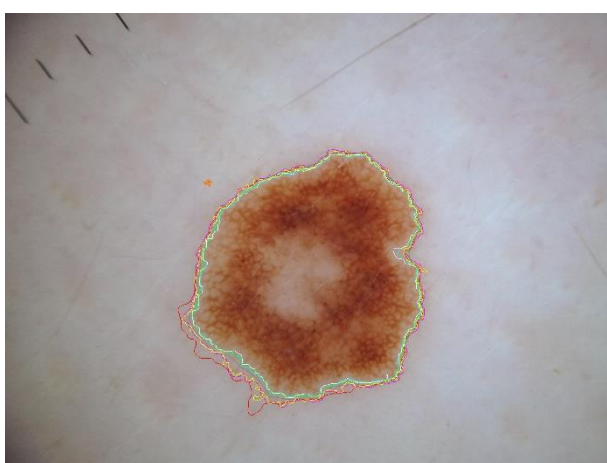
**ISIC_0000075****ISIC_0000077****ISIC_0000080****ISIC_0000204****ISIC_0000214****ISIC_0000329**



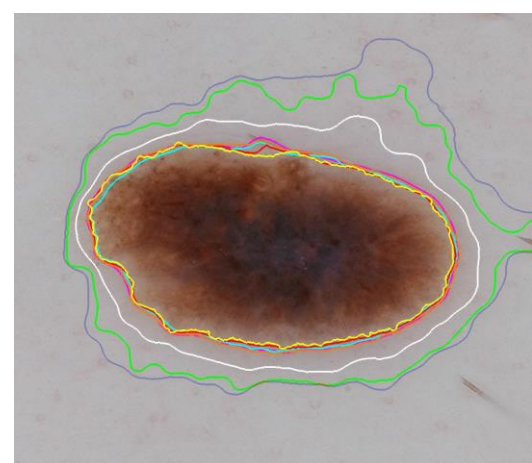
ISIC_0000330



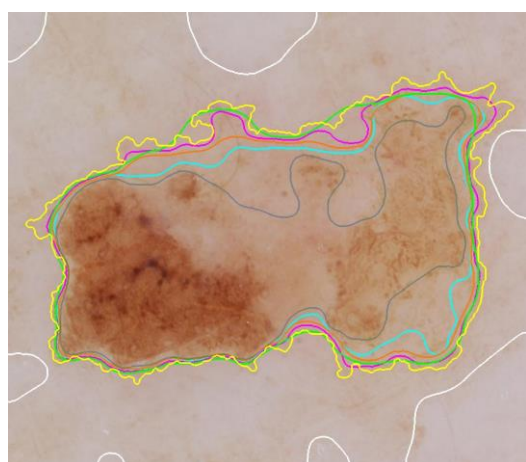
ISIC_0000336



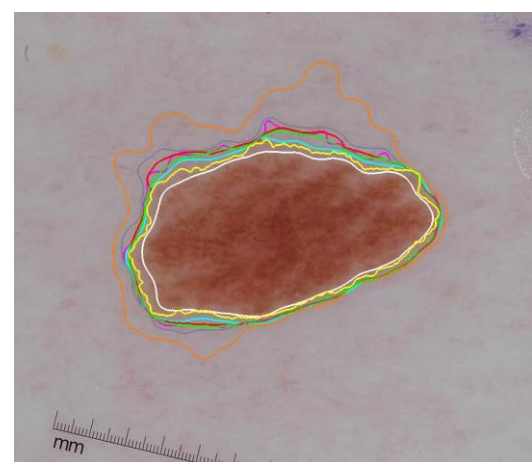
ISIC_0000386



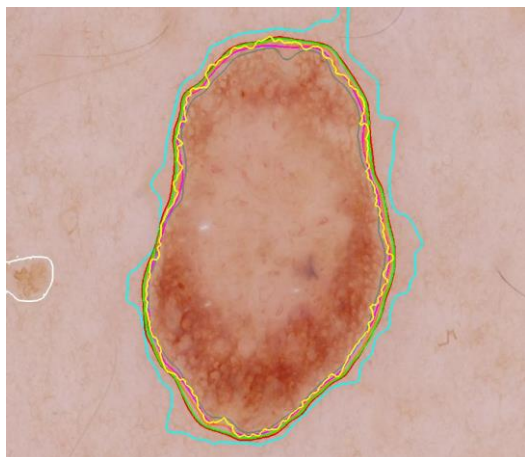
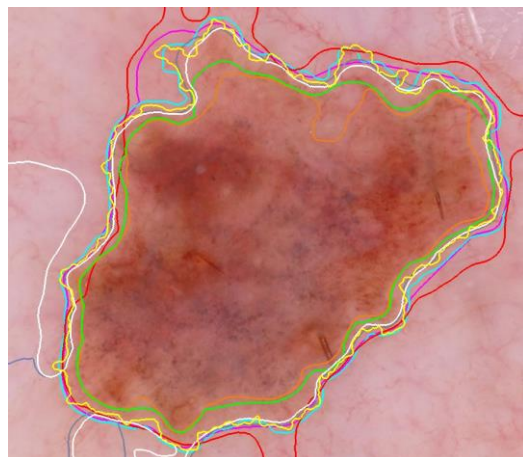
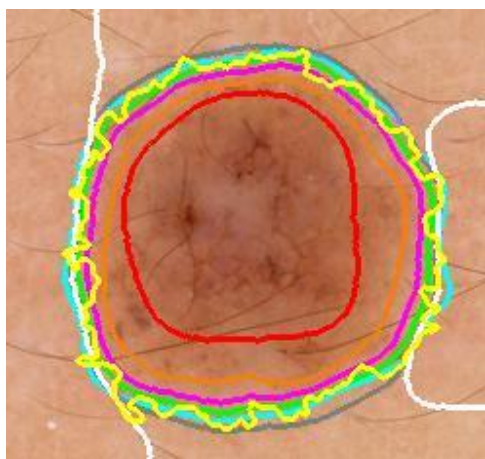
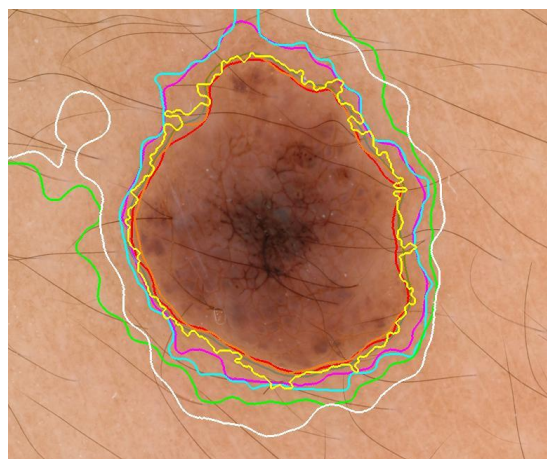
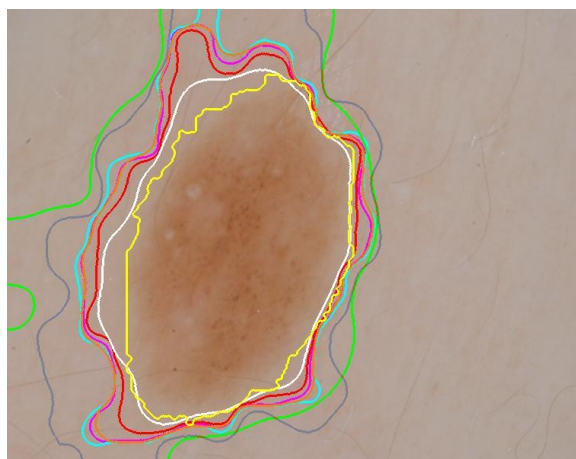
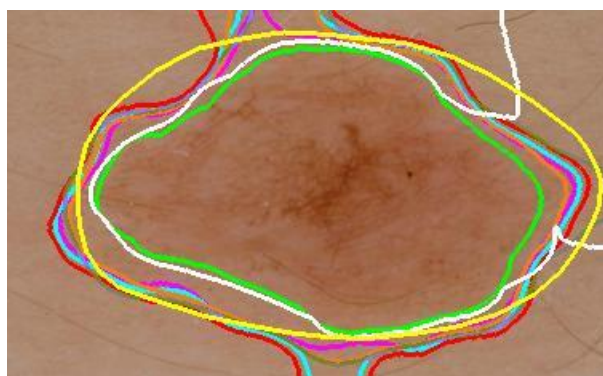
ISIC_0000482

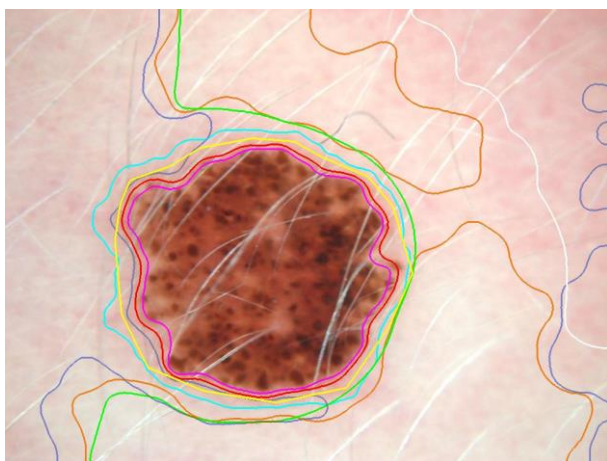


ISIC_0000484

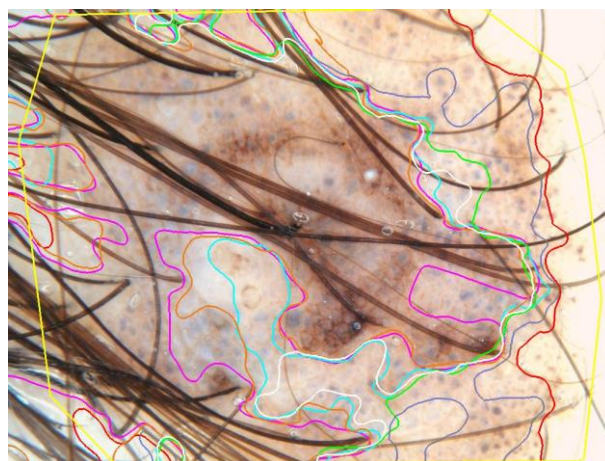


ISIC_0000488

**ISIC_0000509****ISIC_0000511****ISIC_0002438****ISIC_0002439****ISIC_0002476****ISIC_0007475**



ISIC_0011101



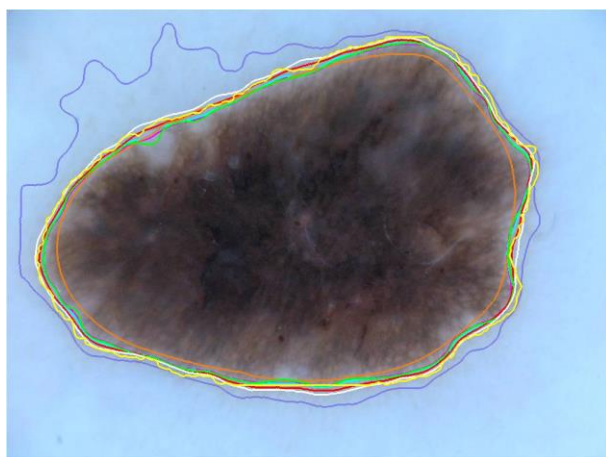
ISIC_0011300

:

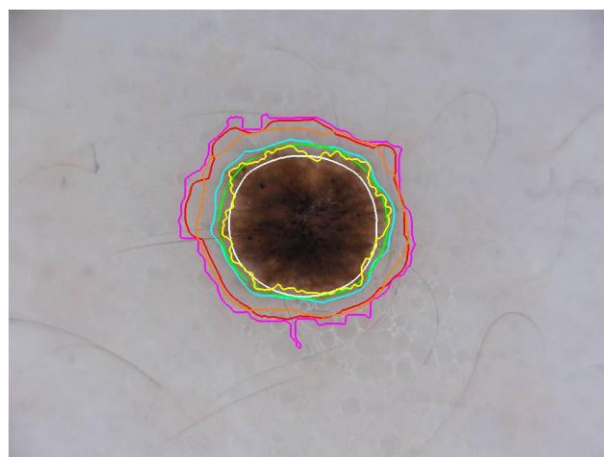
ANEXO IV

A continuación, se muestra las imágenes con los bordes de las máscaras obtenidas para el caso del método de 5 histogramas de referencia. En cada imagen se representa los bordes de las máscaras obtenidas para los distintos casos de los centroides extraídos, que son 4, 5, 7, 10, 15, 20 y 25. Cada uno está representado por las curvas de color magenta, cyan, rojo, naranja, verde, púrpura y blanco, respectivamente, y la verdad de referencia, representada por la curva amarilla.

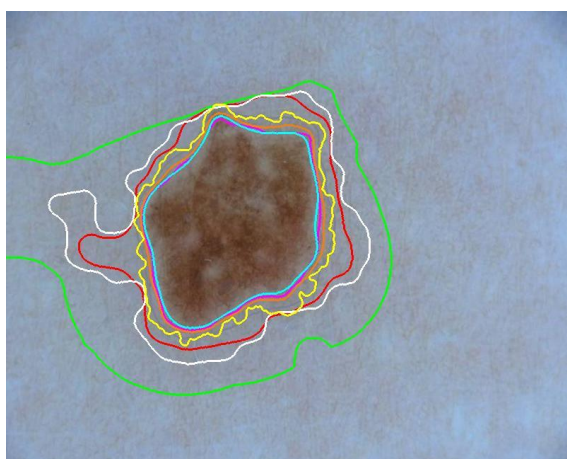
SIN DILATACIÓN



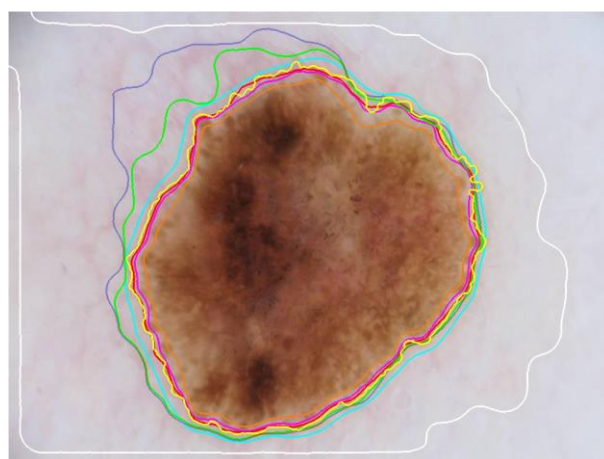
ISIC_0000000



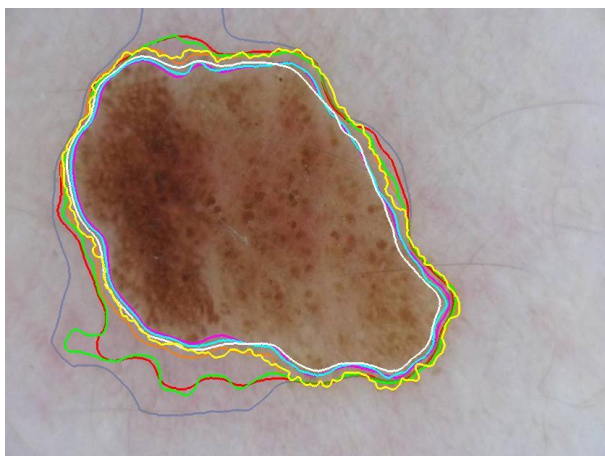
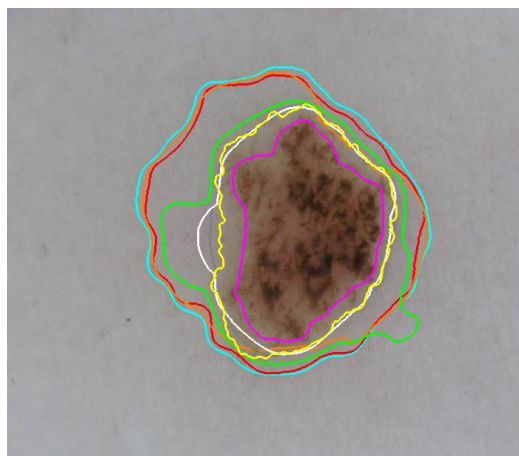
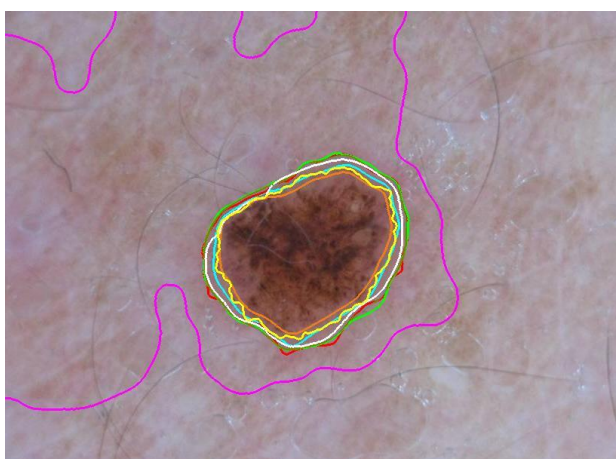
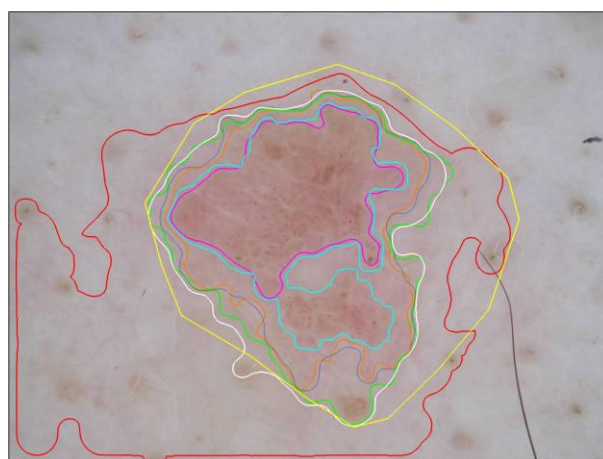
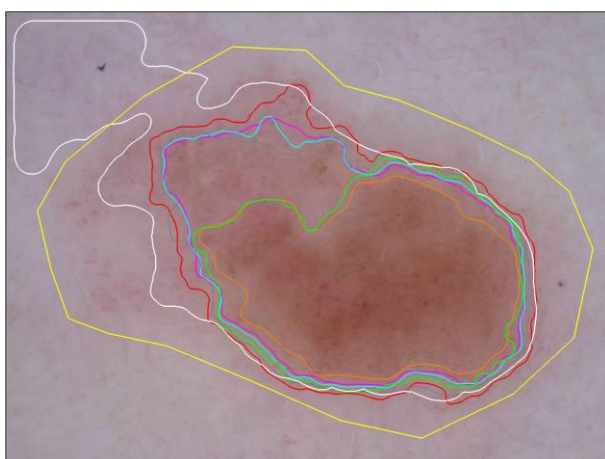
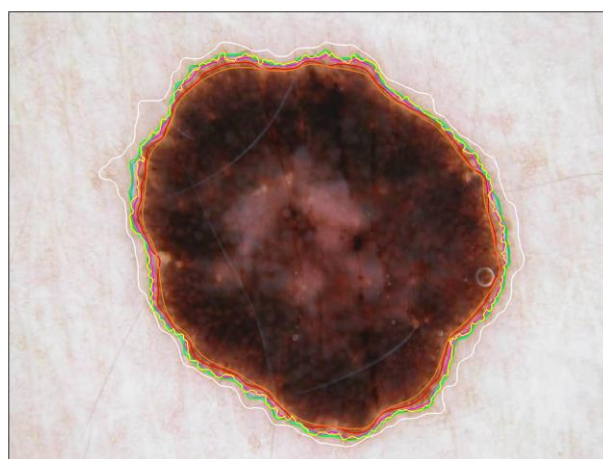
ISIC_0000001

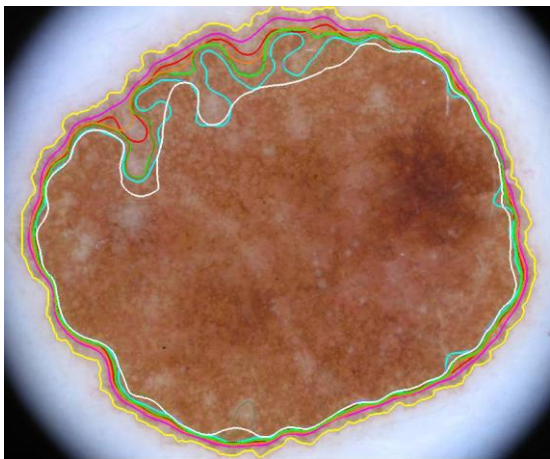


ISIC_0000006

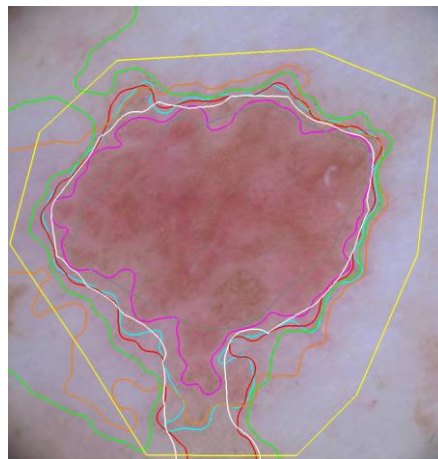


ISIC_0000008

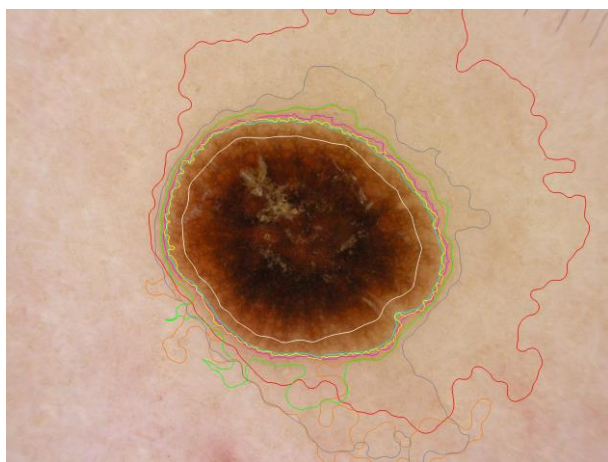
**ISIC_0000009****ISIC_0000010****ISIC_0000012****ISIC_0000024****ISIC_0000026****ISIC_0000029**



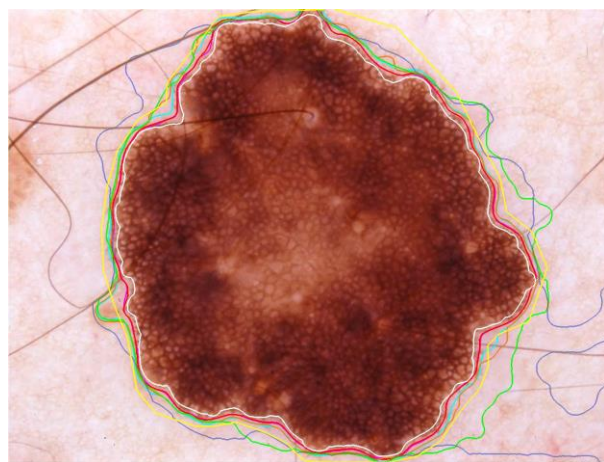
ISIC_0000075



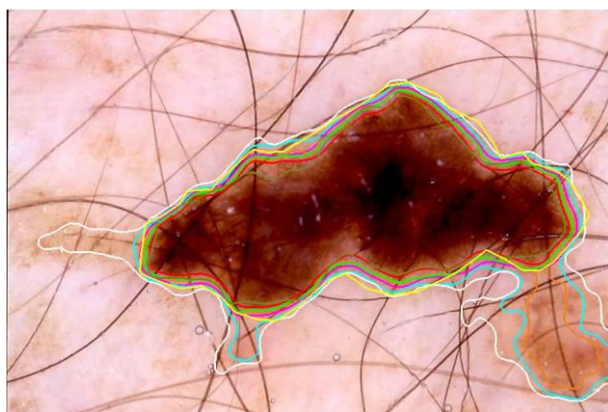
ISIC_0000077



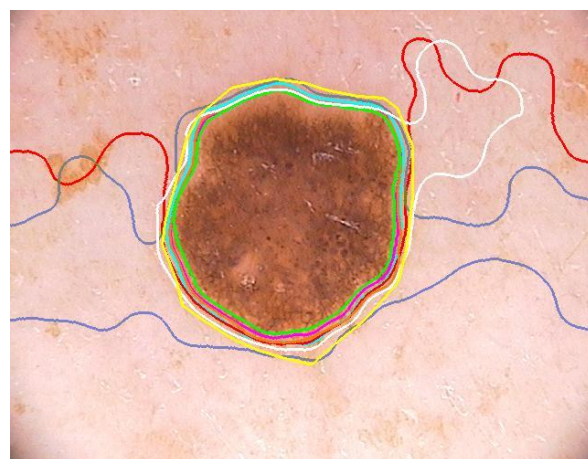
ISIC_0000080



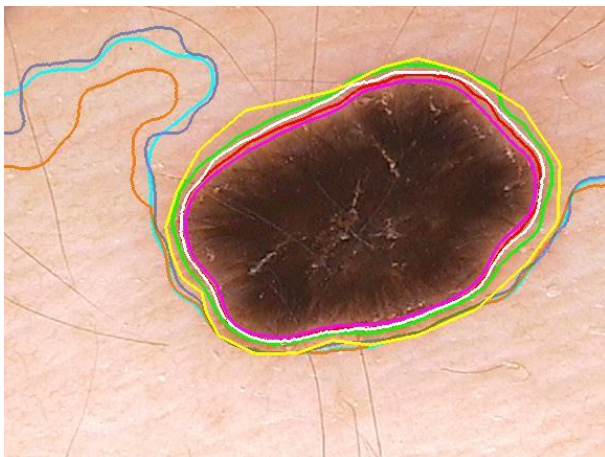
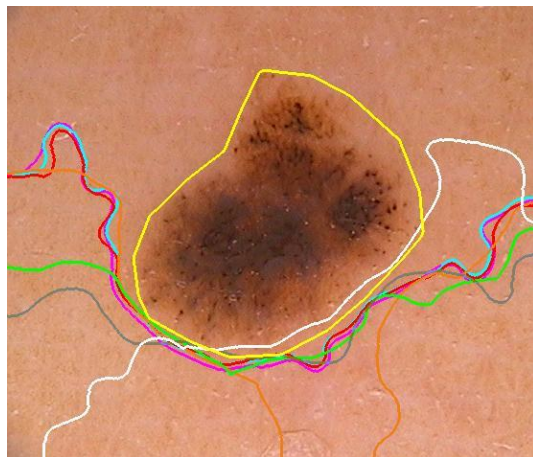
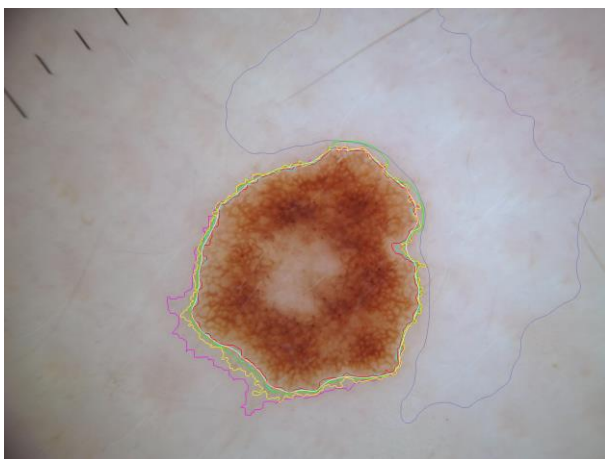
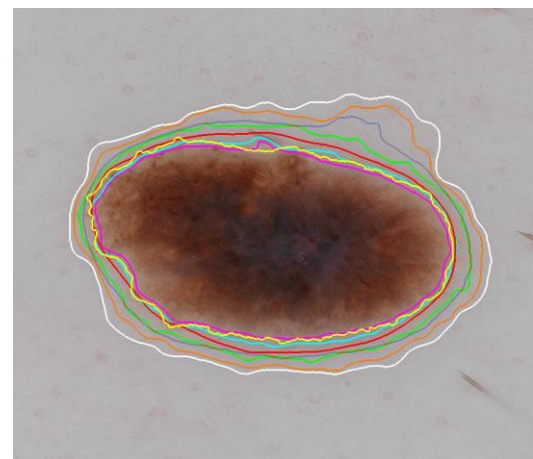
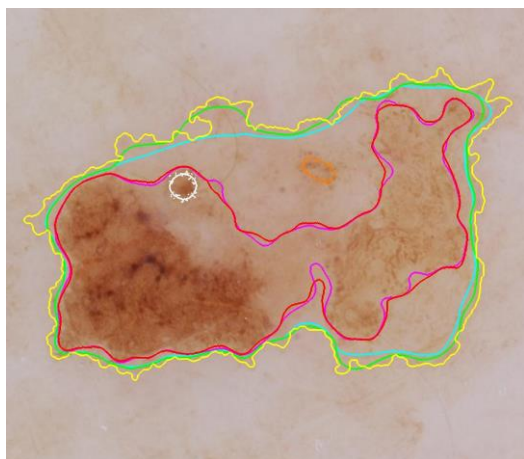
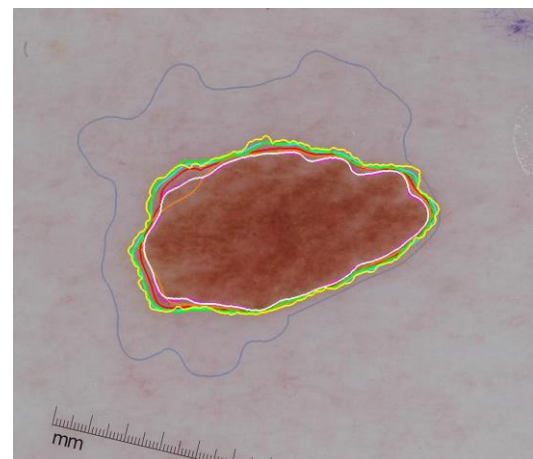
ISIC_0000204

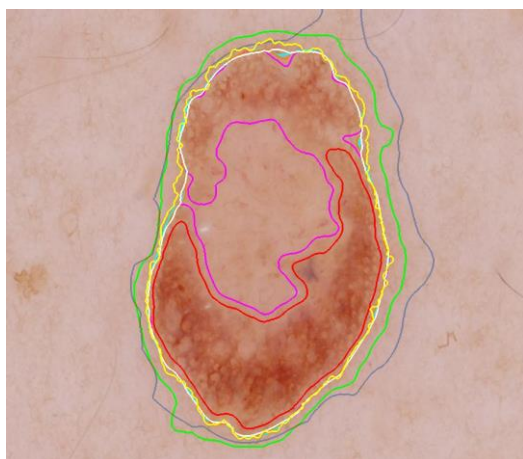


ISIC_0000214

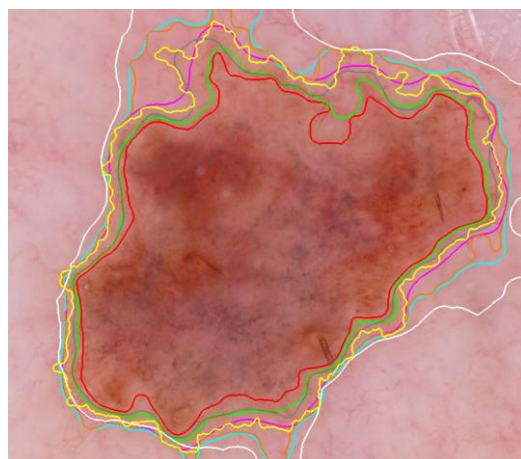


ISIC_0000329

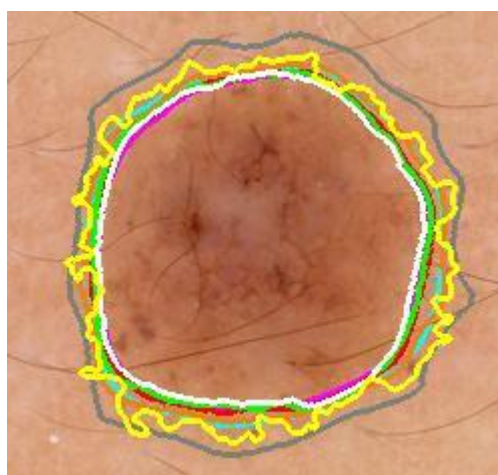
**ISIC_0000330****ISIC_0000336****ISIC_0000386****ISIC_0000482****ISIC_0000484****ISIC_0000488**



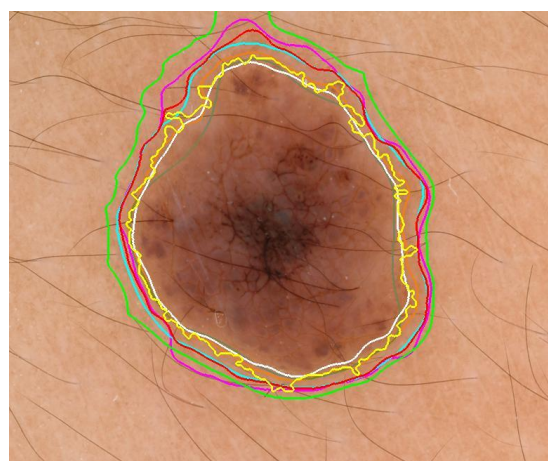
ISIC_0000509



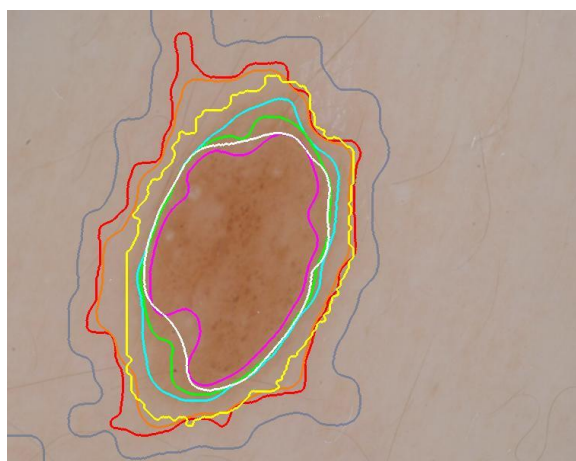
ISIC_0000511



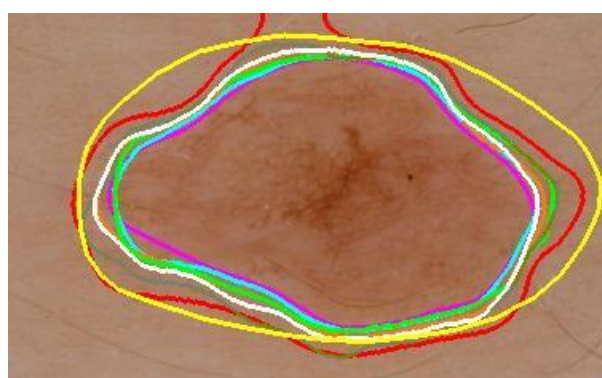
ISIC_0002438



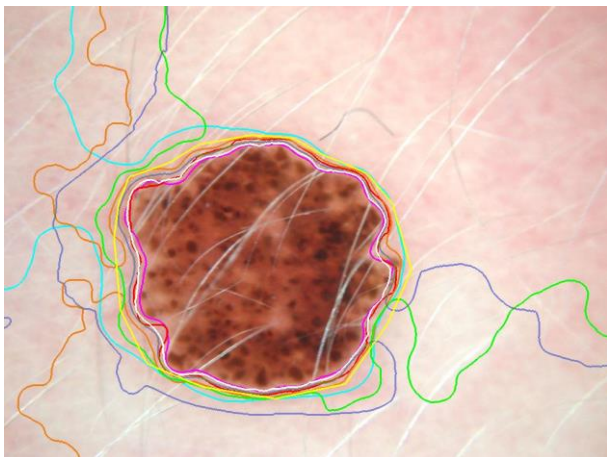
ISIC_0002439



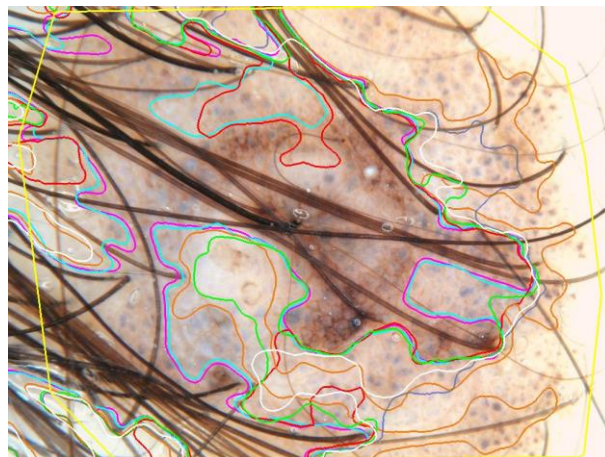
ISIC_0002476



ISIC_0007475

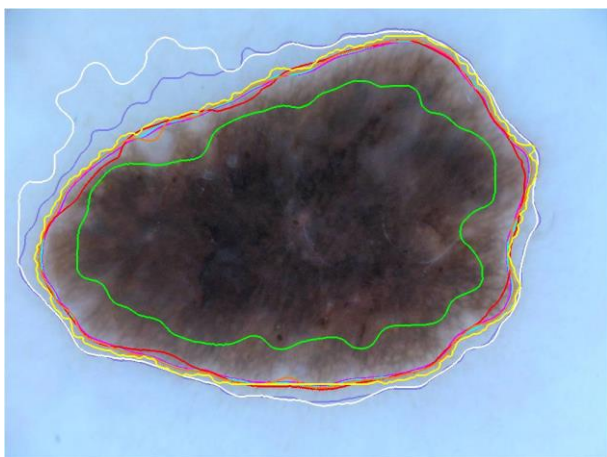


ISIC_0011101

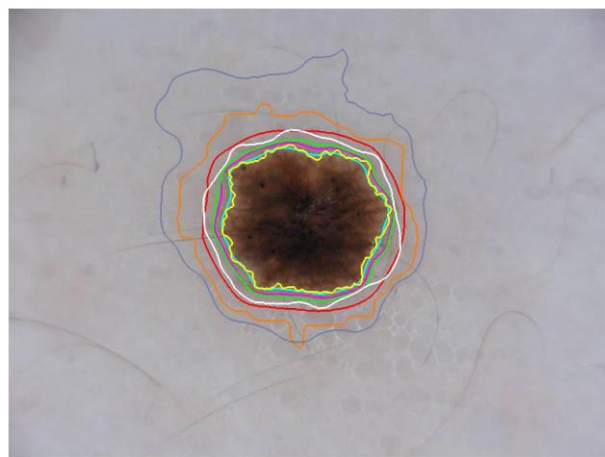


ISIC_0011300

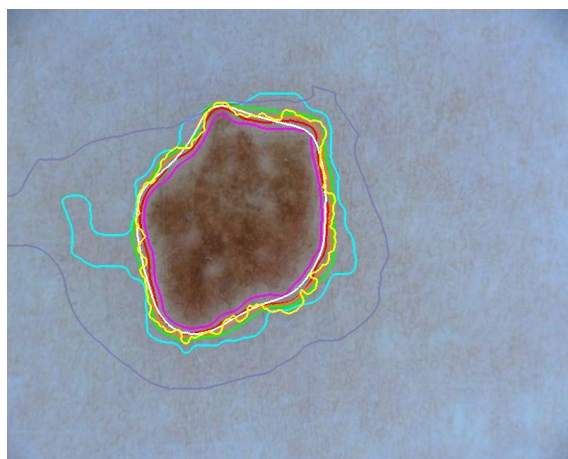
DILATACIÓN, TAMAÑO 2



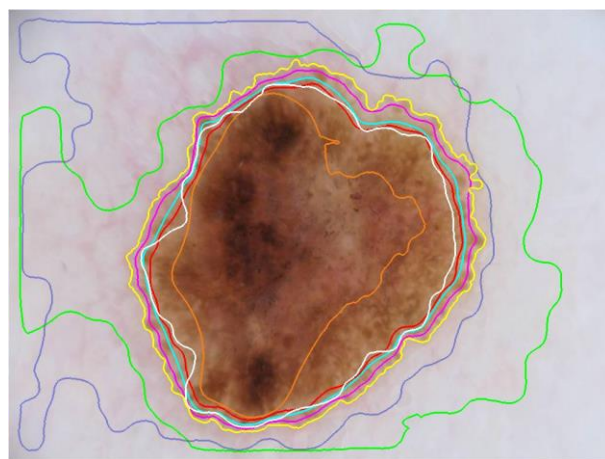
ISIC_0000000



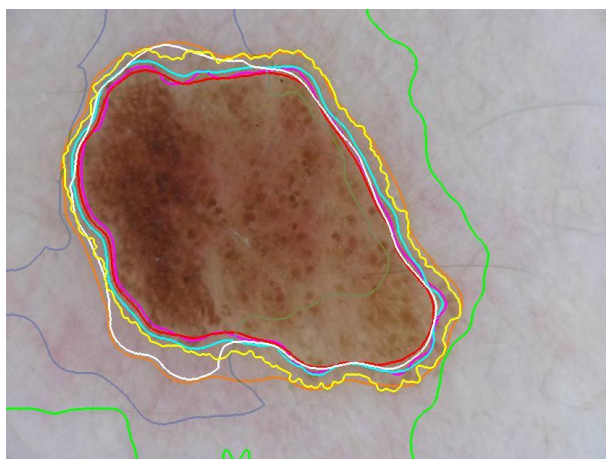
ISIC_0000001



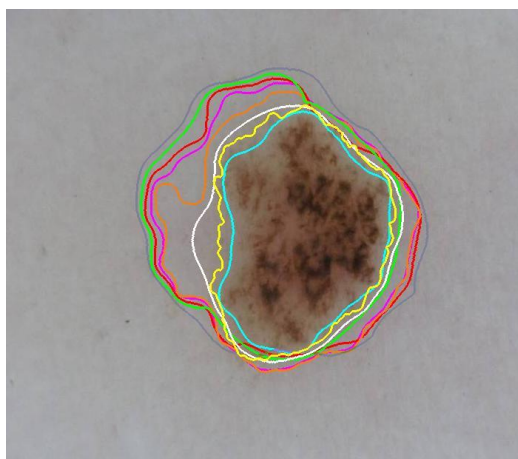
ISIC_0000006



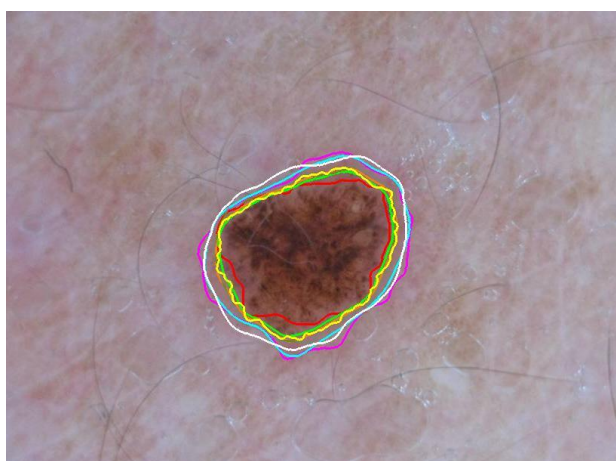
ISIC_0000008



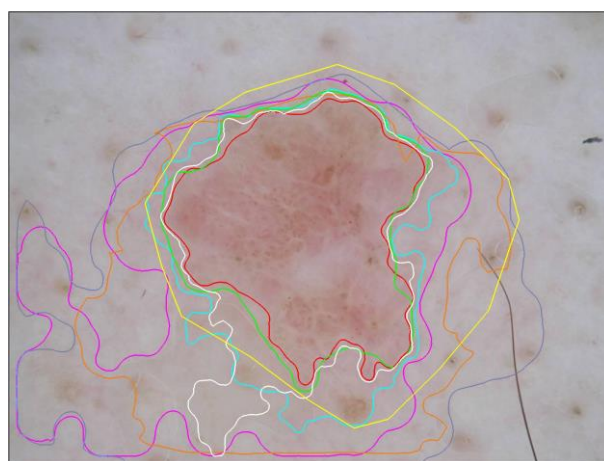
ISIC_0000009



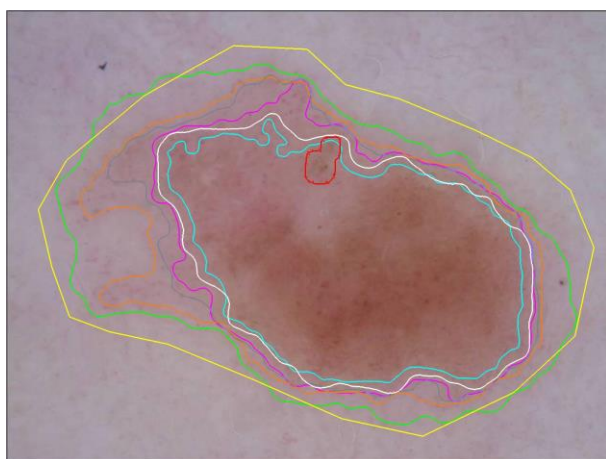
ISIC_0000010



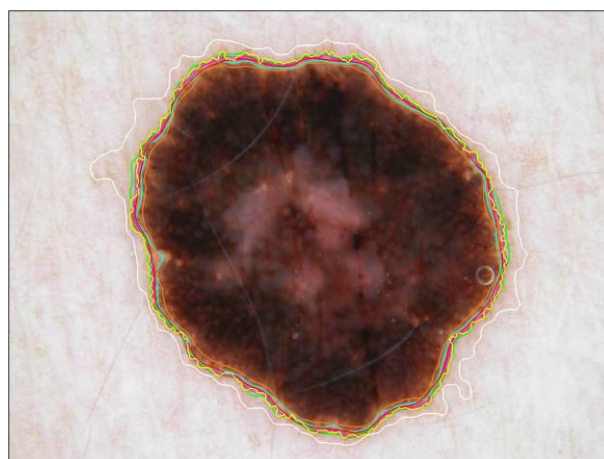
ISIC_0000012



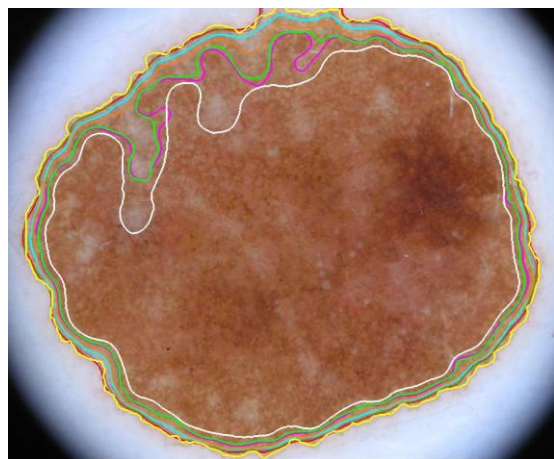
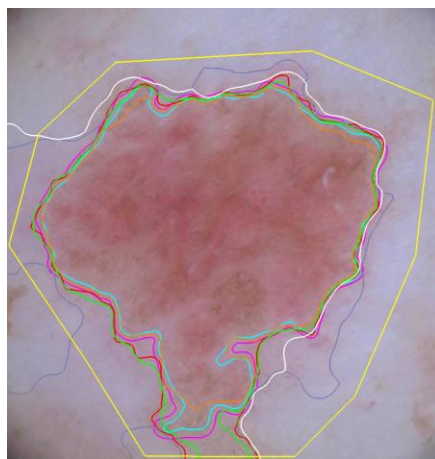
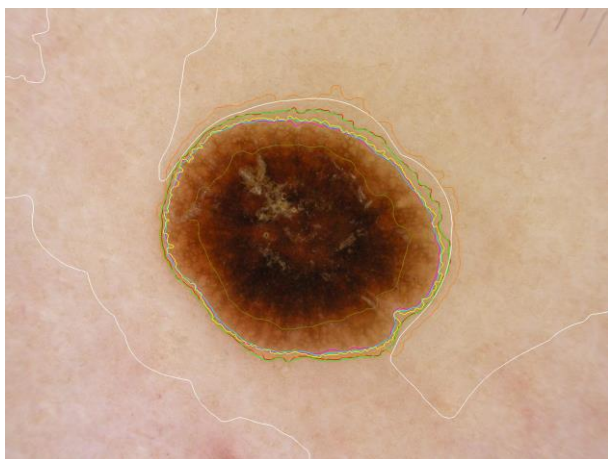
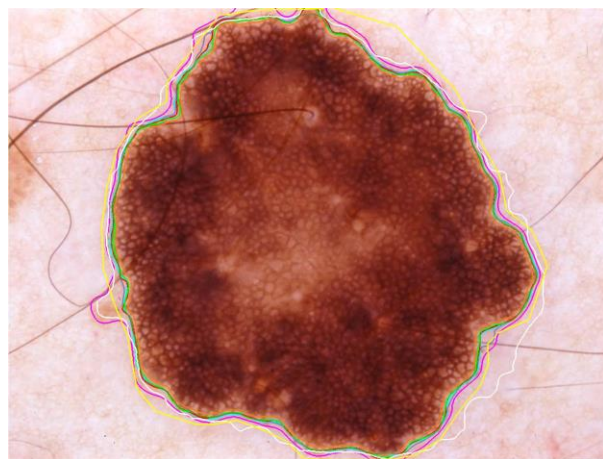
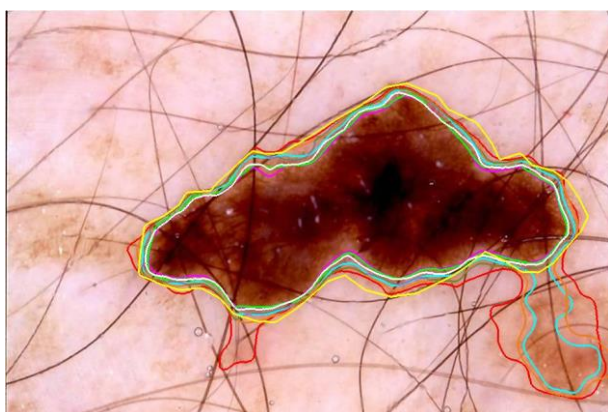
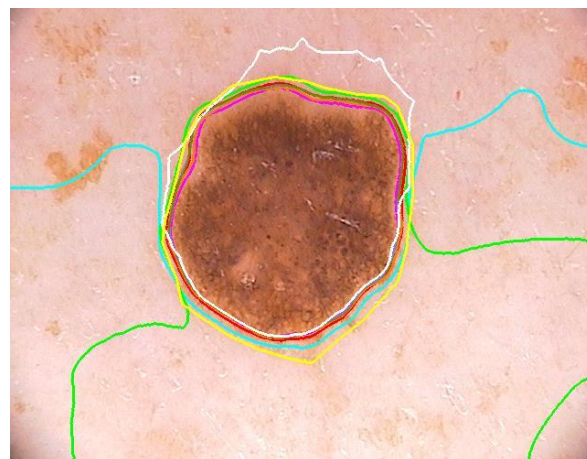
ISIC_0000024

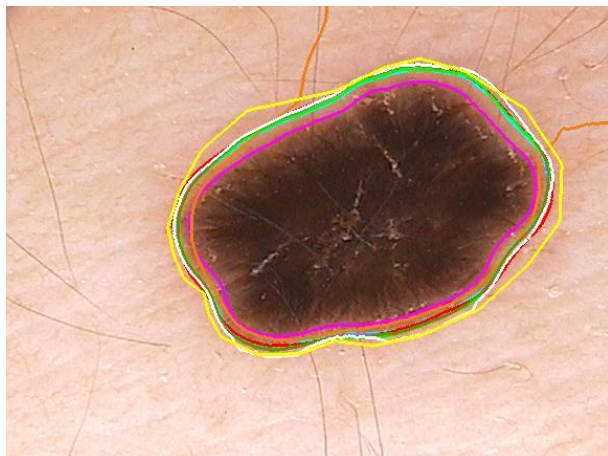


ISIC_0000026

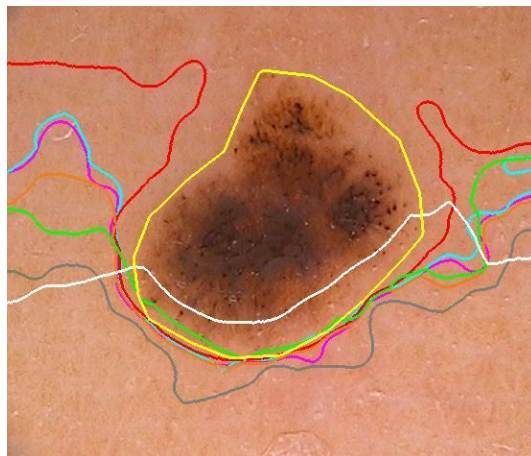


ISIC_0000029

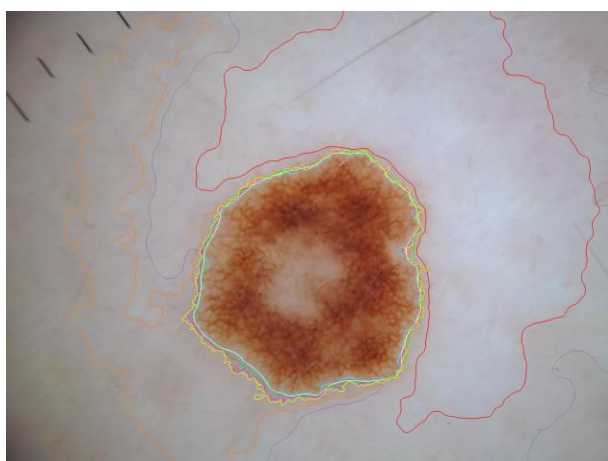
**ISIC_0000075****ISIC_0000077****ISIC_0000080****ISIC_0000204****ISIC_0000214****ISIC_0000329**



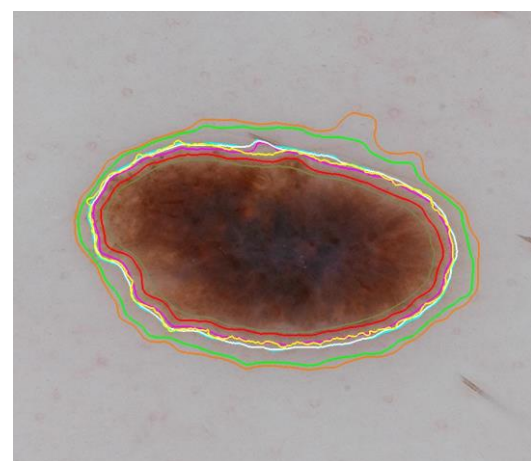
ISIC_0000330



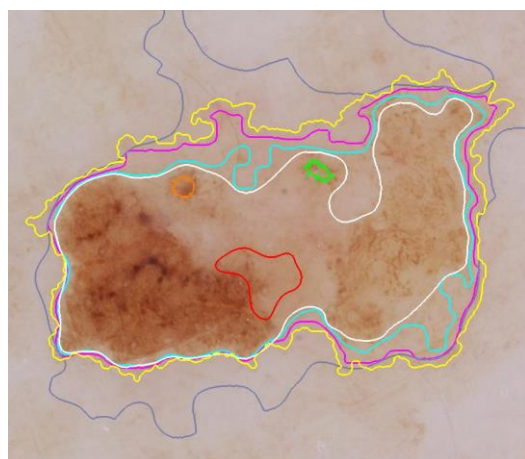
ISIC_0000336



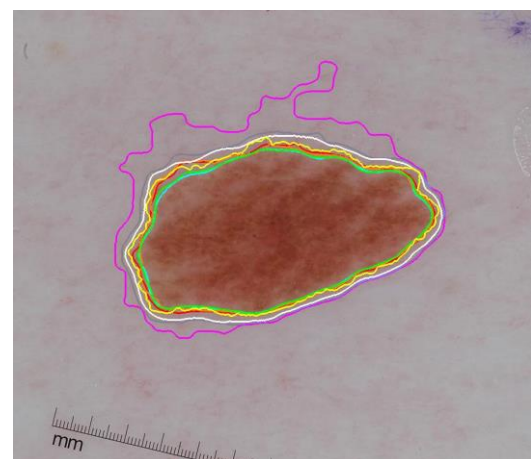
ISIC_0000386



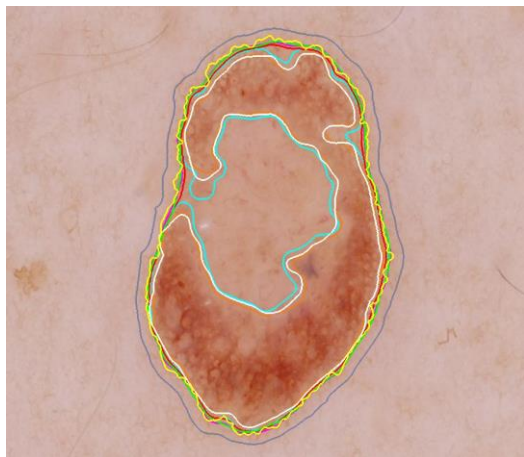
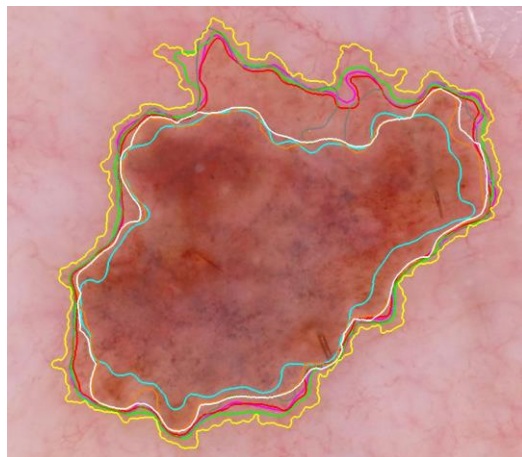
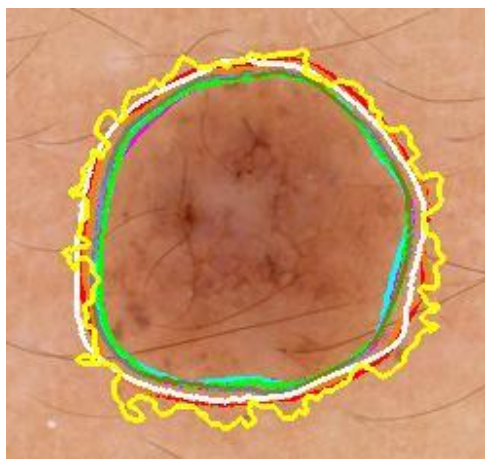
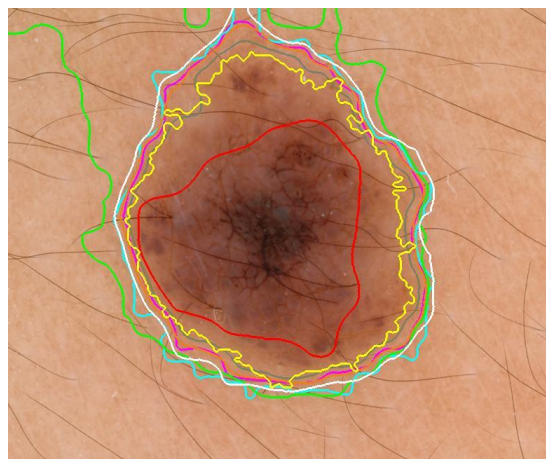
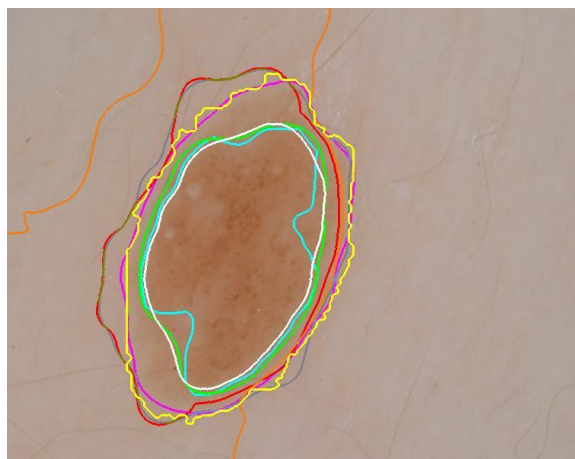
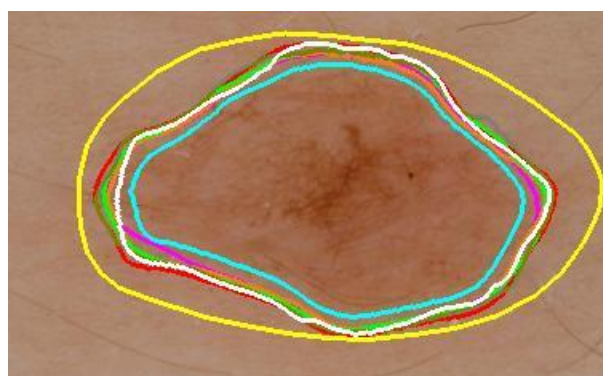
ISIC_0000482

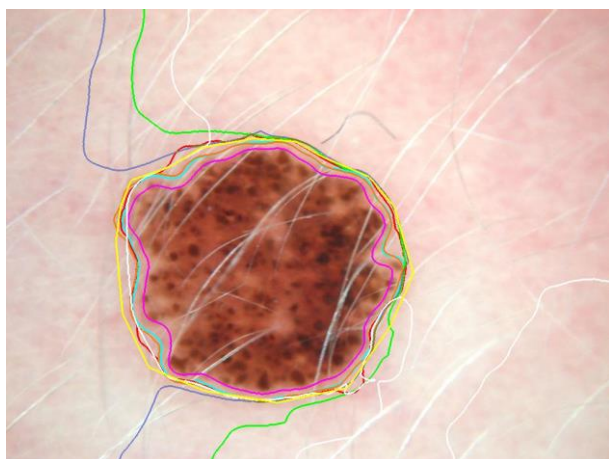


ISIC_0000484

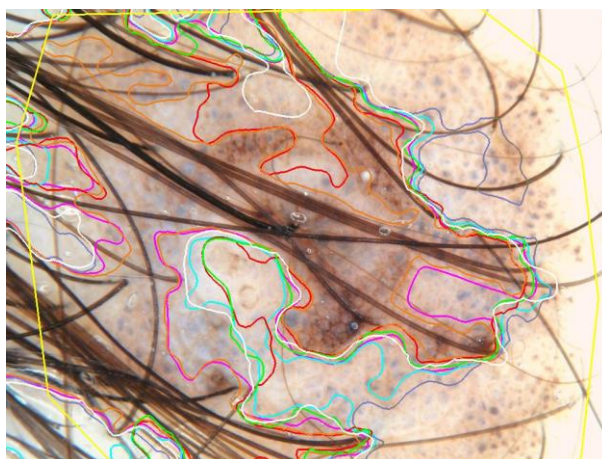


ISIC_0000488

**ISIC_0000509****ISIC_0000511****ISIC_0002438****ISIC_0002439****ISIC_0002476****ISIC_0007475**

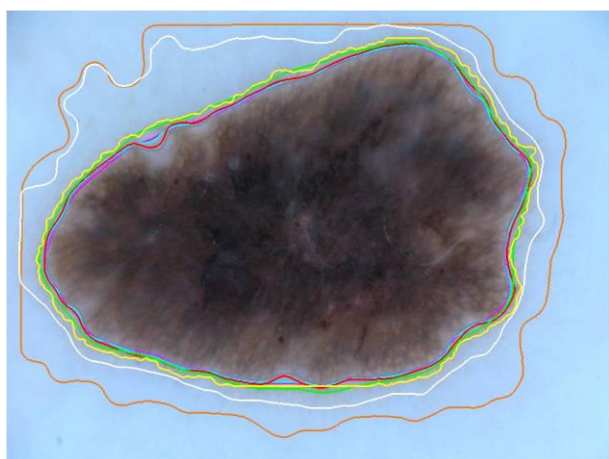


ISIC_0011101

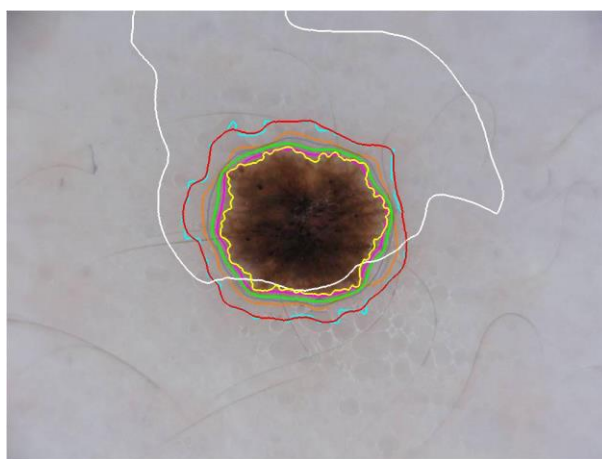


ISIC_0011300

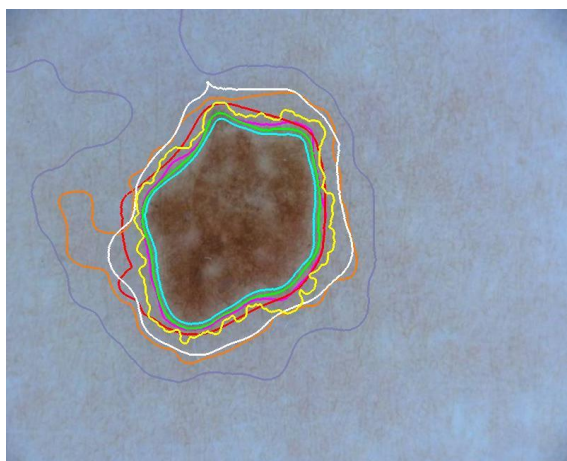
DILATACIÓN, TAMAÑO 5



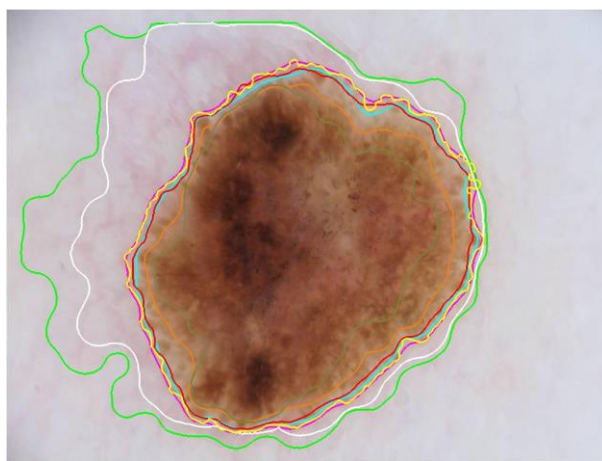
ISIC_0000000



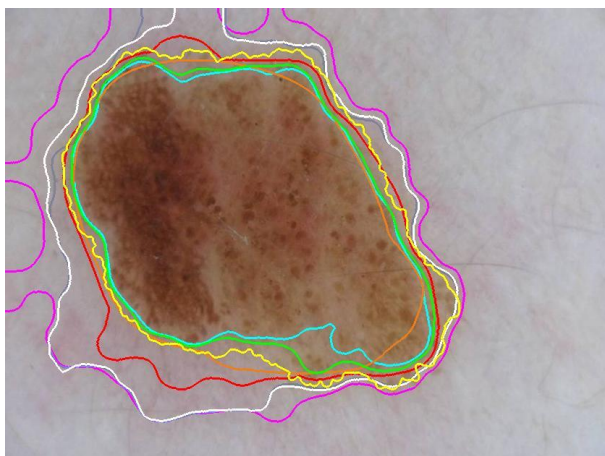
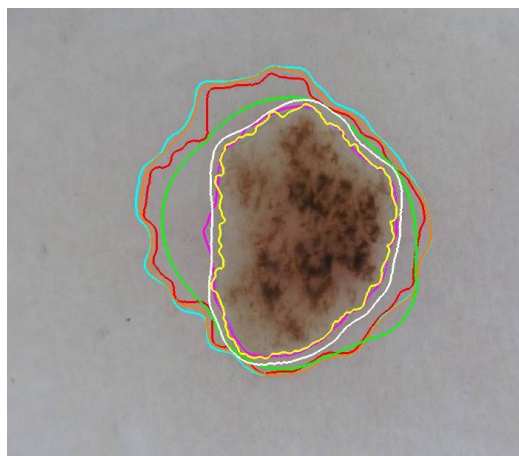
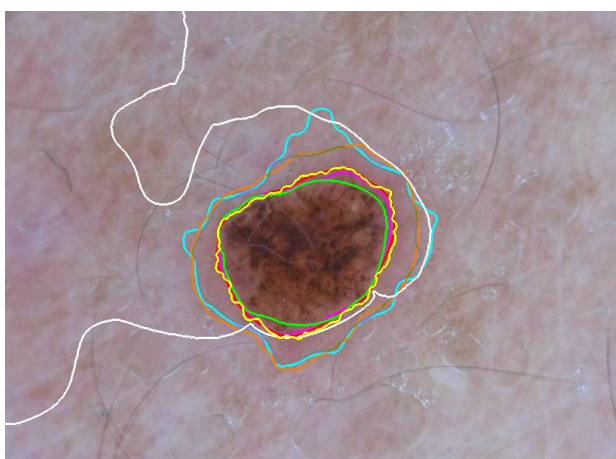
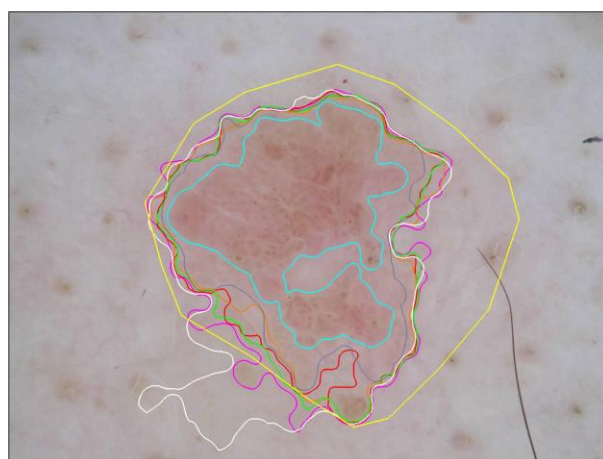
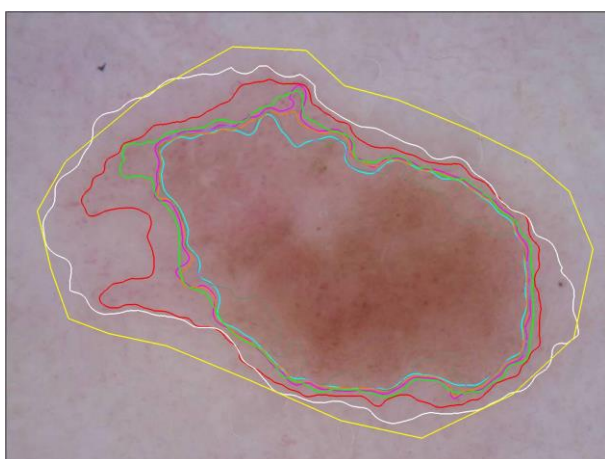
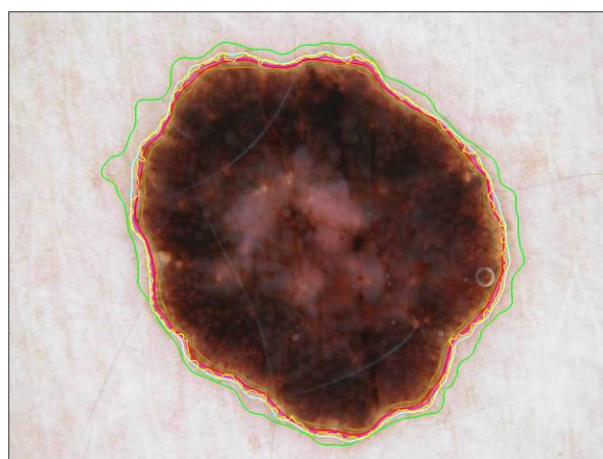
ISIC_0000001

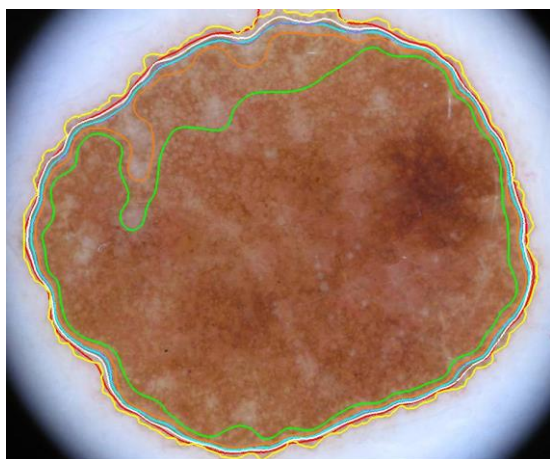


ISIC_0000006

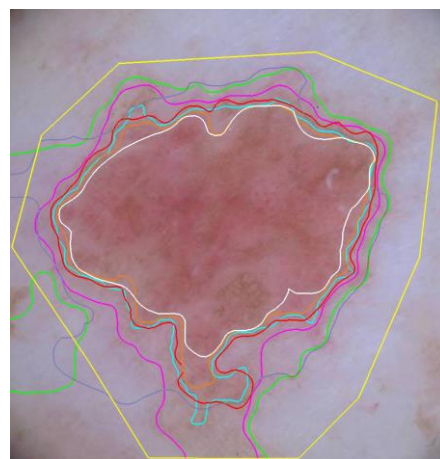


ISIC_0000008

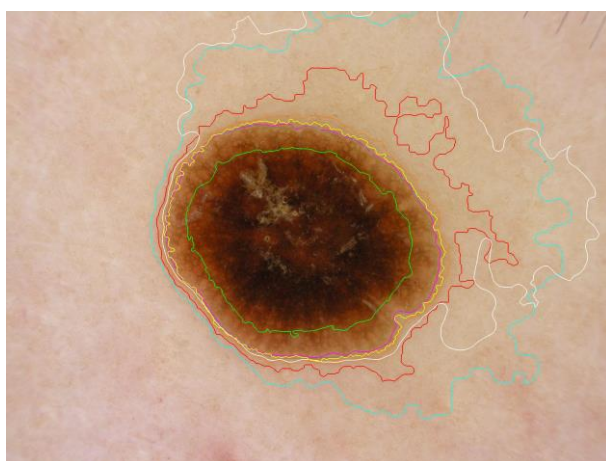
**ISIC_0000009****ISIC_0000010****ISIC_0000012****ISIC_0000024****ISIC_0000026****ISIC_0000029**



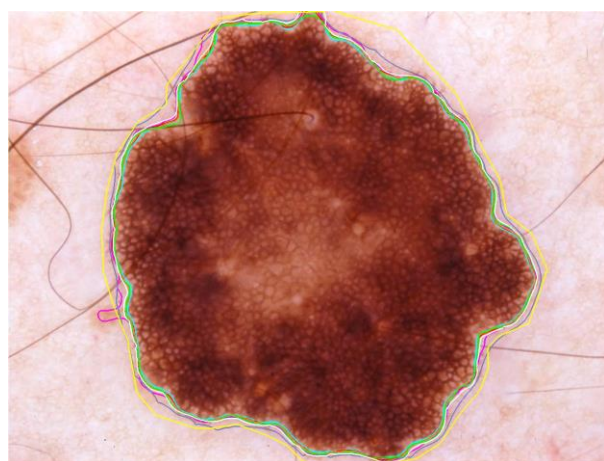
ISIC_0000075



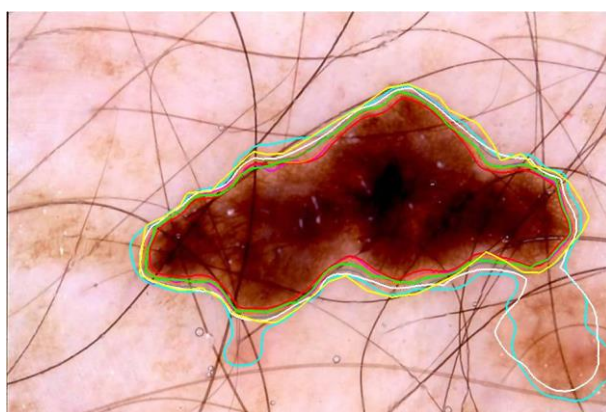
ISIC_0000077



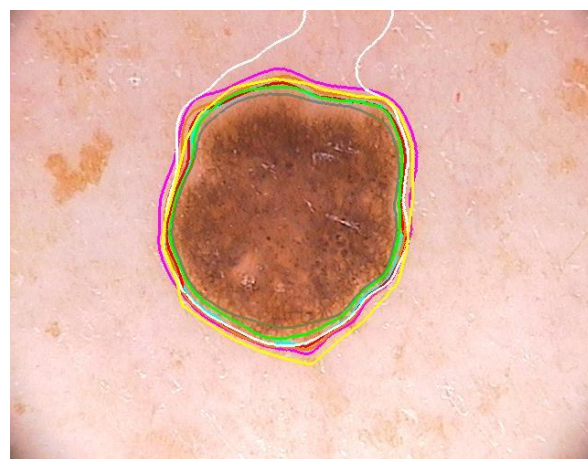
ISIC_0000080



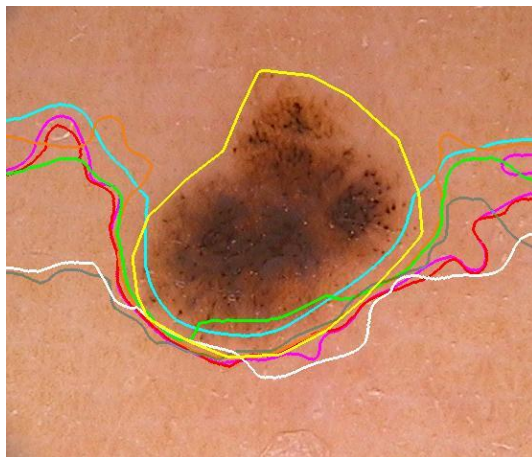
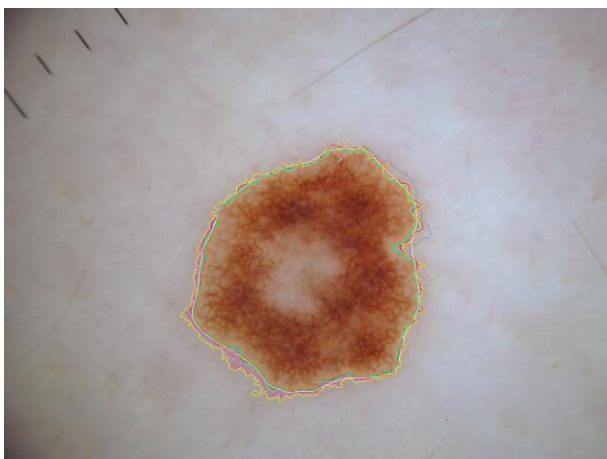
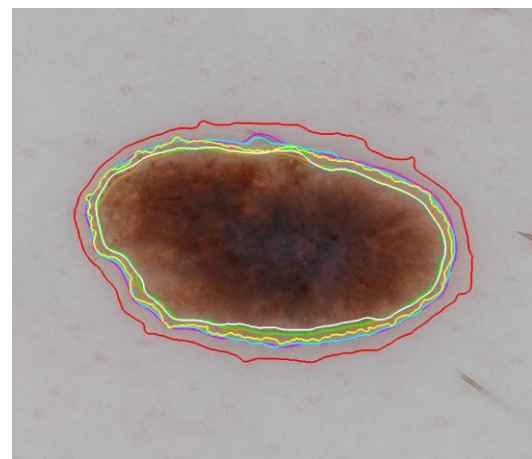
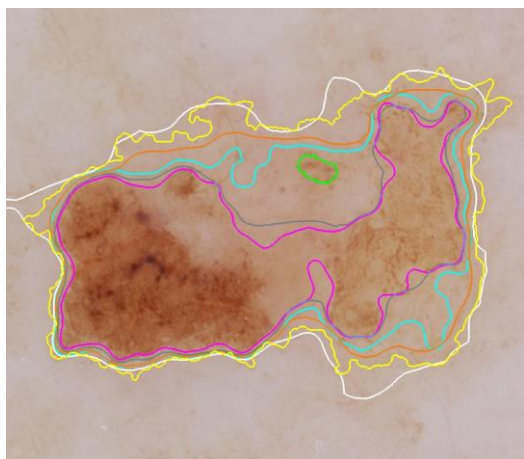
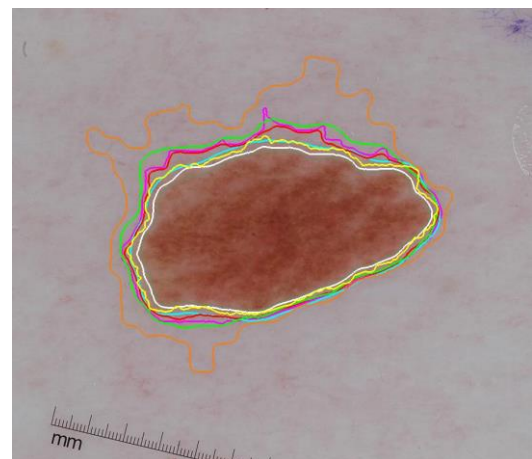
ISIC_0000204

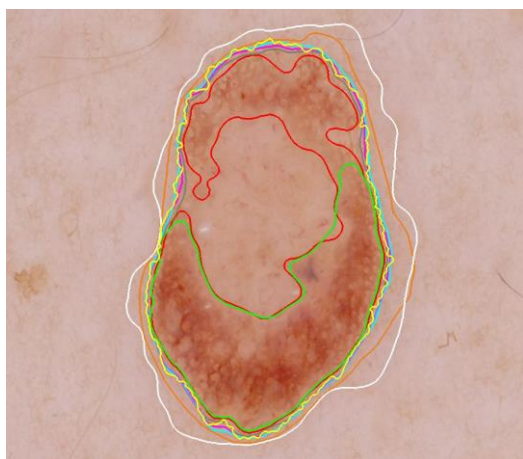


ISIC_0000214

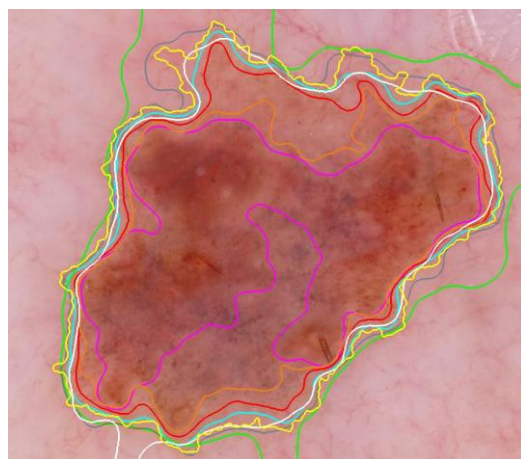


ISIC_0000329

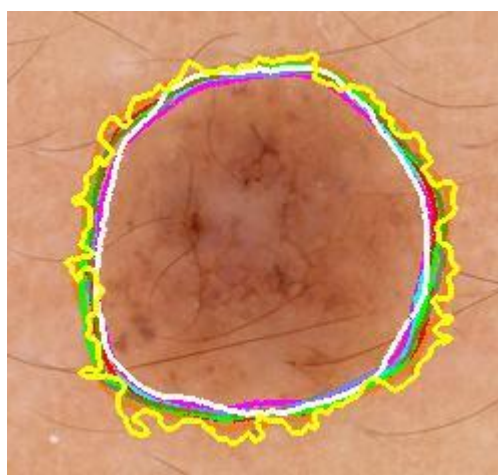
**ISIC_0000330****ISIC_0000336****ISIC_0000386****ISIC_0000482****ISIC_0000484****ISIC_0000488**



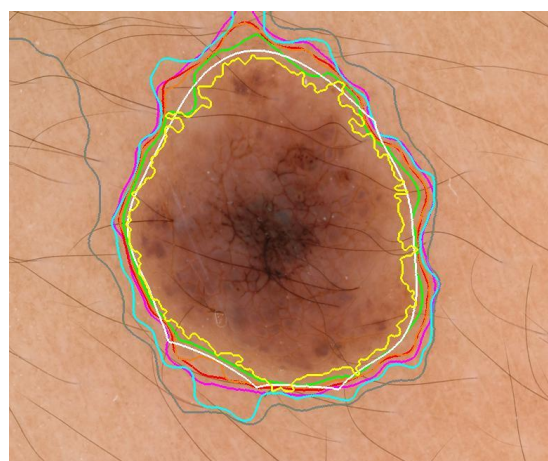
ISIC_0000509



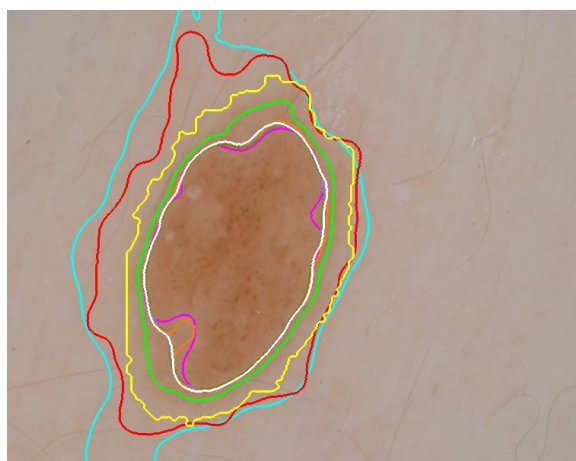
ISIC_0000511



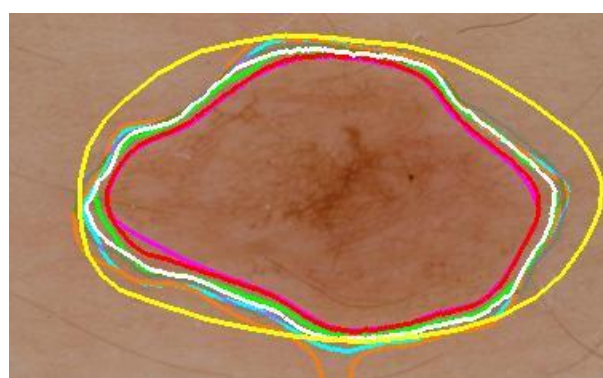
ISIC_0002438



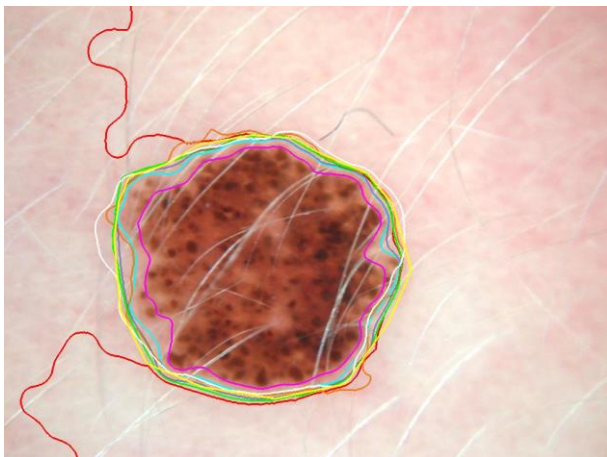
ISIC_0002439



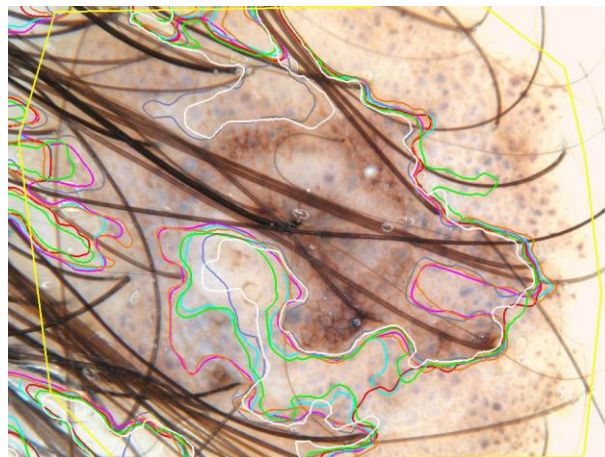
ISIC_0002476



ISIC_0007475

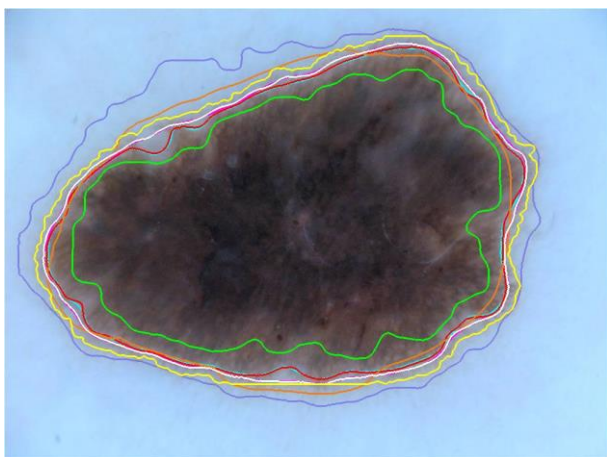


ISIC_0011101

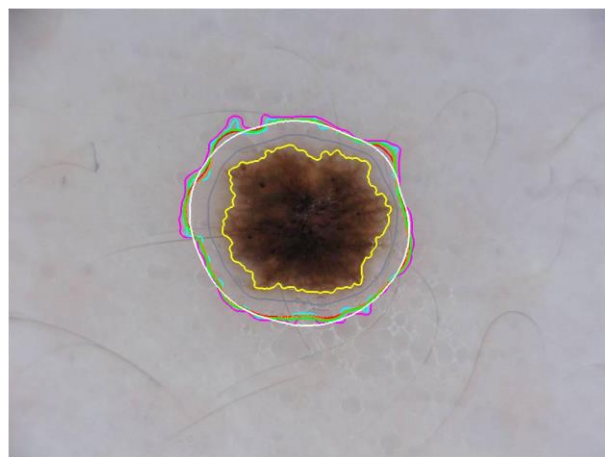


ISIC_0011300

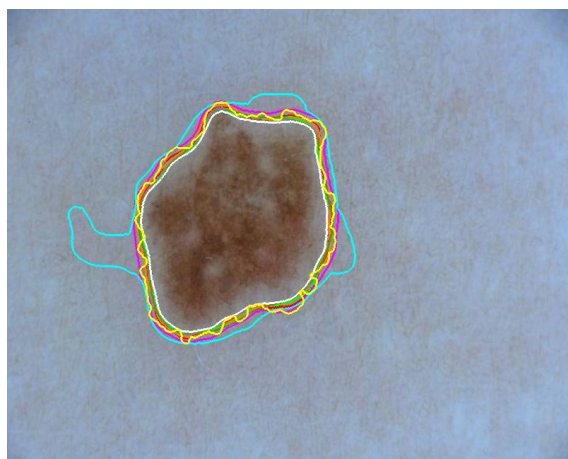
DILATACIÓN, TAMAÑO 7



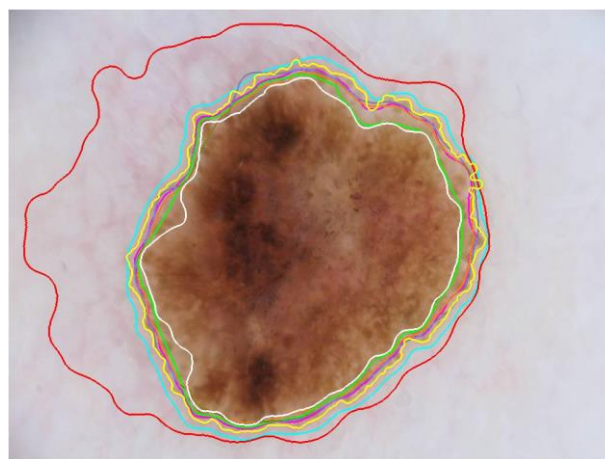
ISIC_0000000



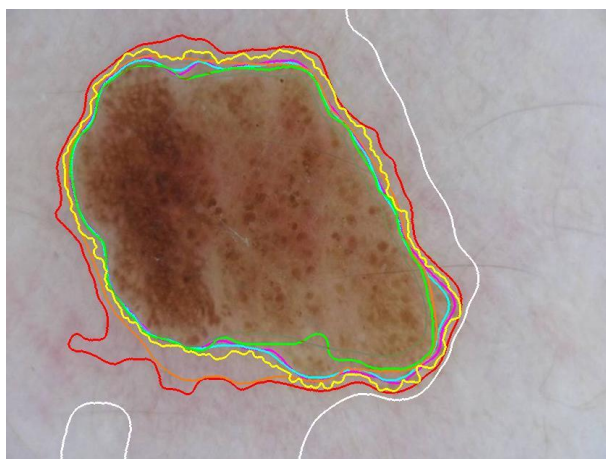
ISIC_0000001



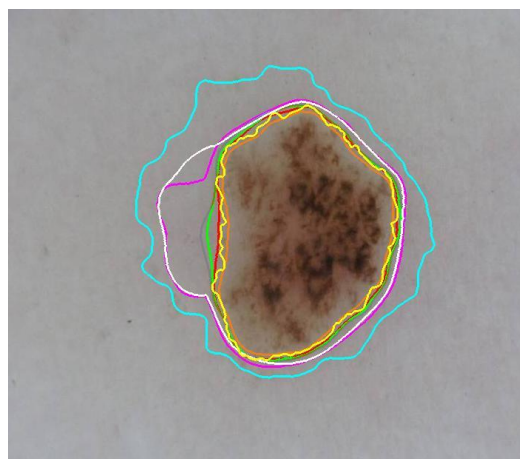
ISIC_0000006



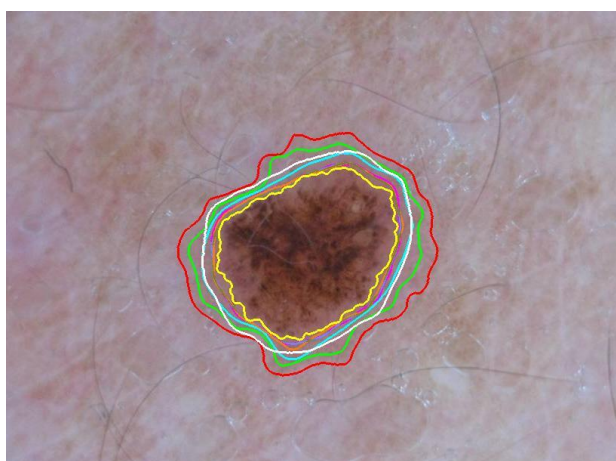
ISIC_0000008



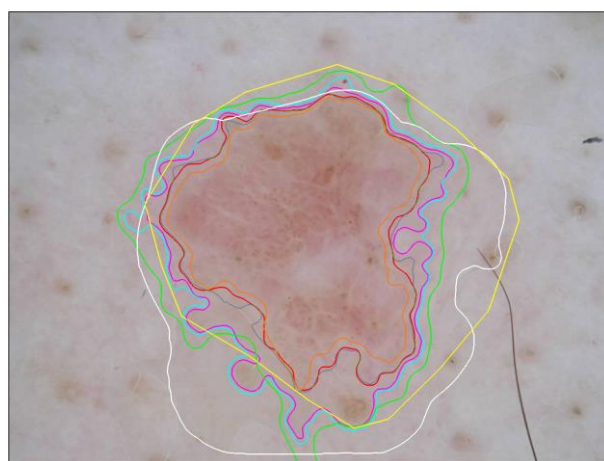
ISIC_0000009



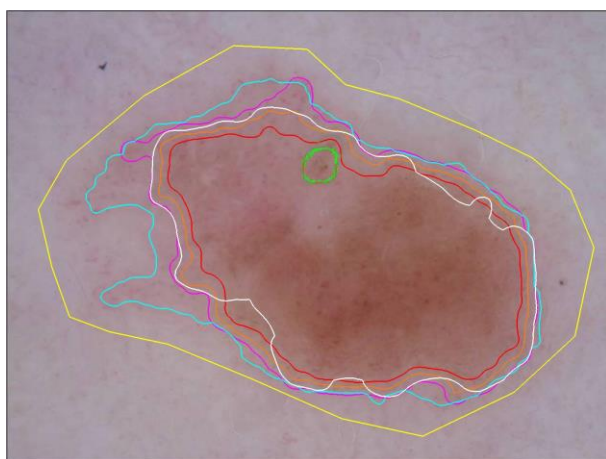
ISIC_0000010



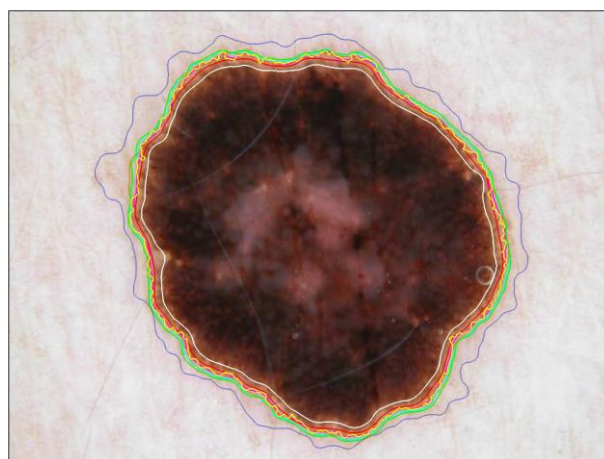
ISIC_0000012



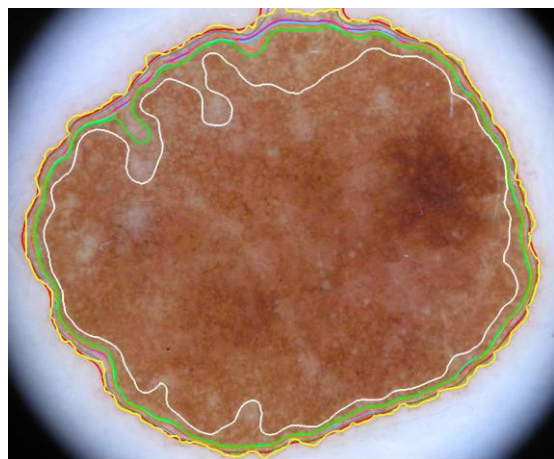
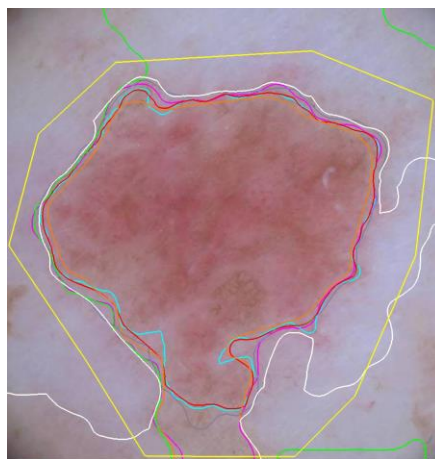
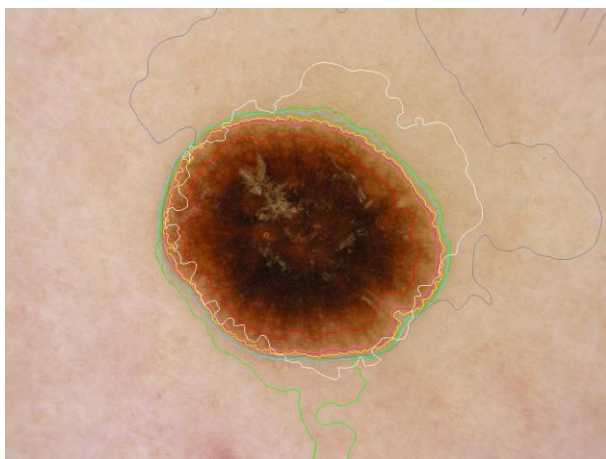
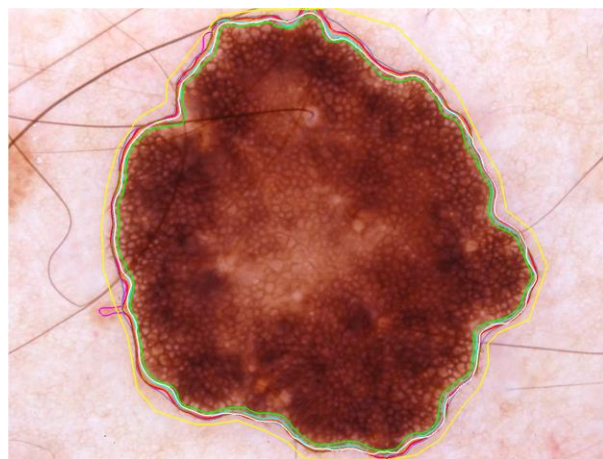
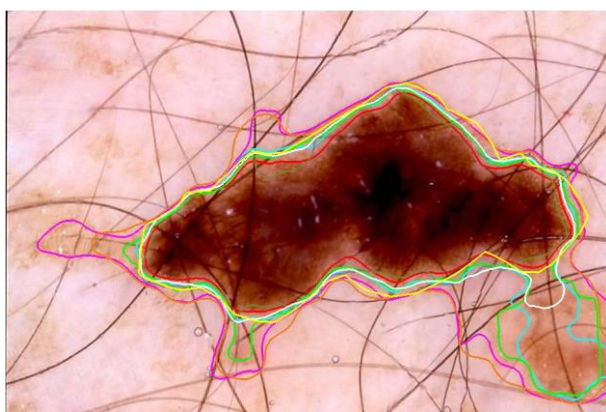
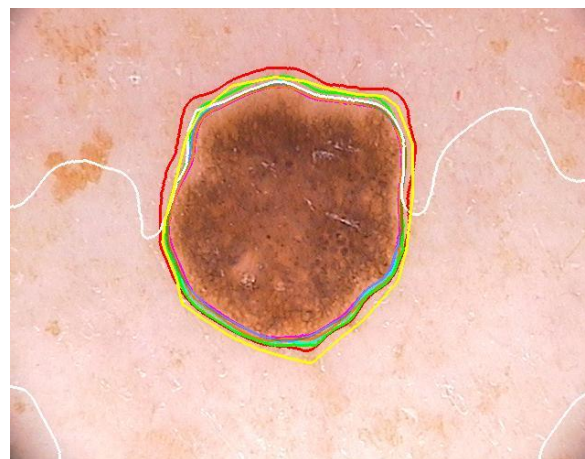
ISIC_0000024



ISIC_0000026

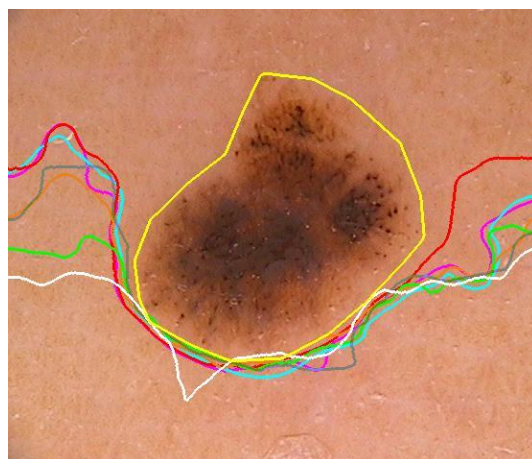


ISIC_0000029

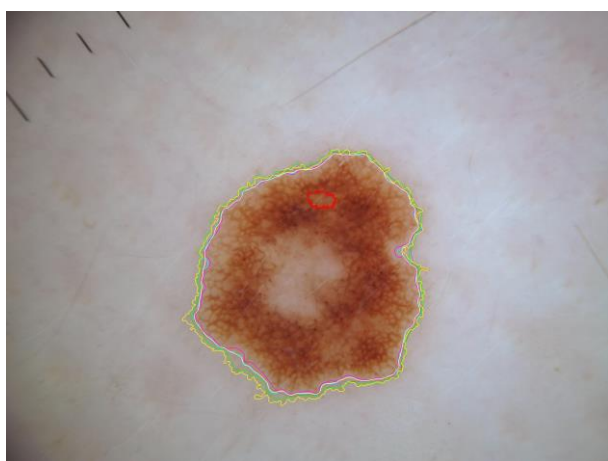
**ISIC_0000075****ISIC_0000077****ISIC_0000080****ISIC_0000204****ISIC_0000214****ISIC_0000329**



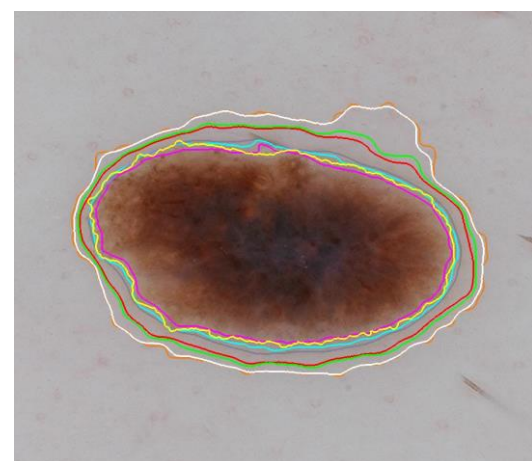
ISIC_0000330



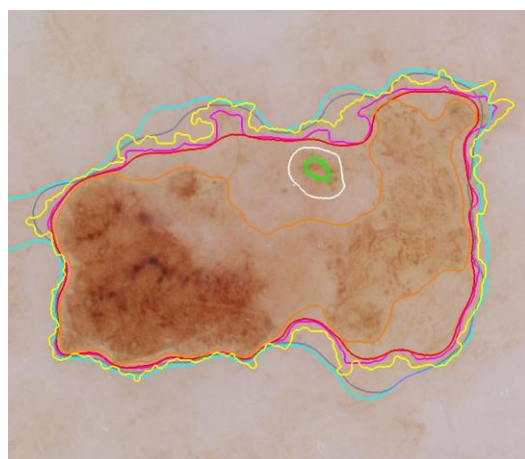
ISIC_0000336



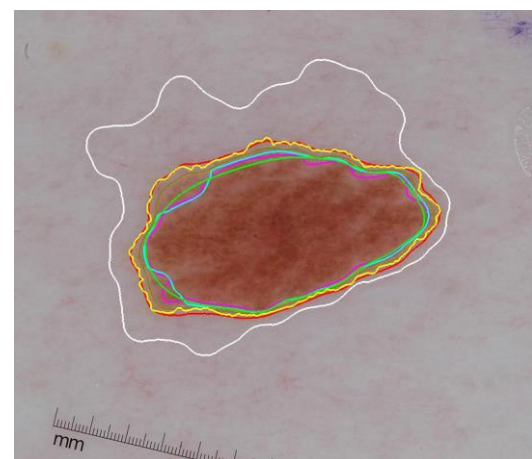
ISIC_0000386



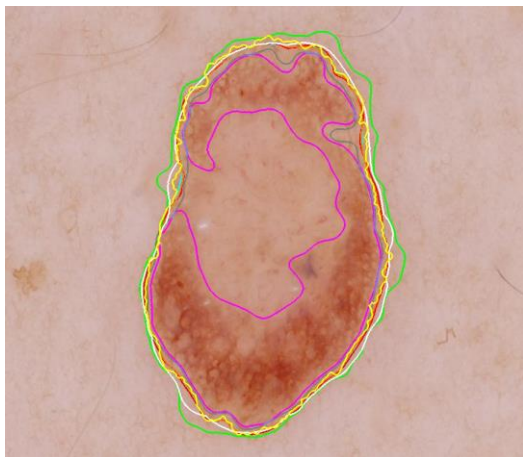
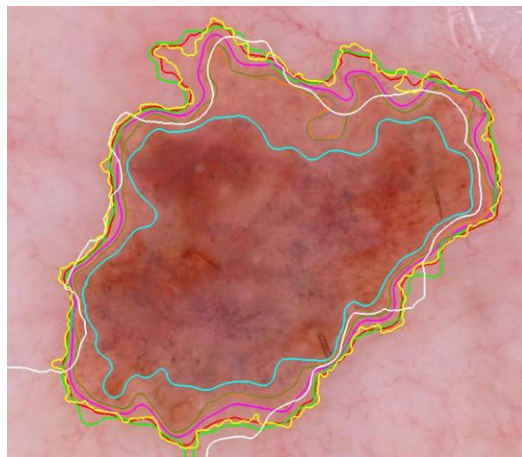
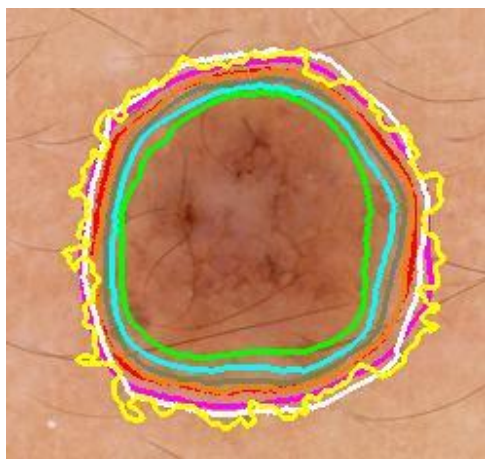
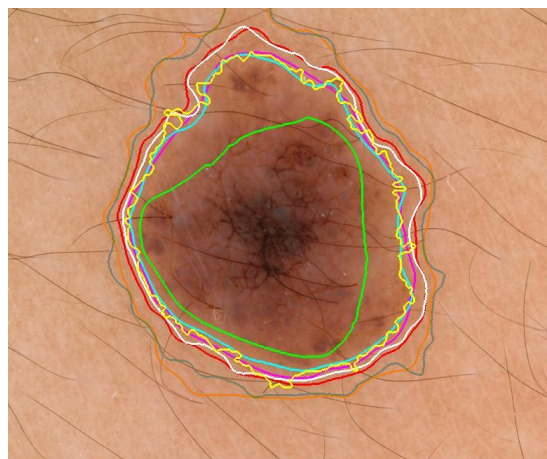
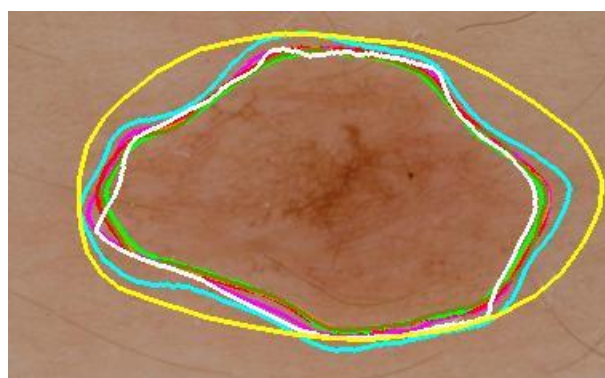
ISIC_0000482

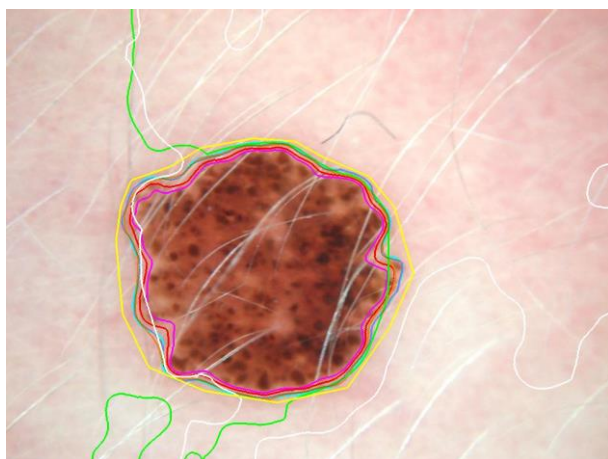


ISIC_0000484

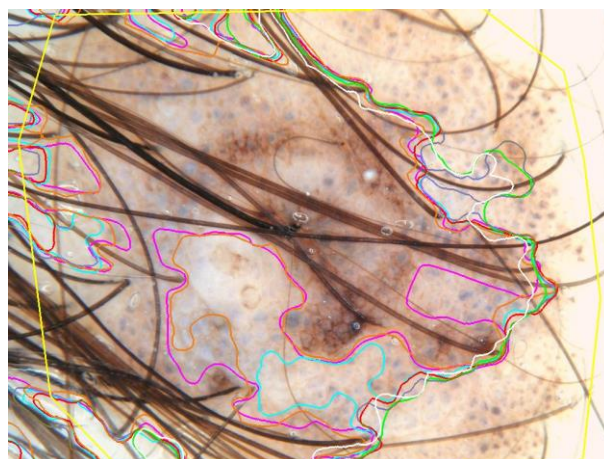


ISIC_0000488

**ISIC_0000509****ISIC_0000511****ISIC_0002438****ISIC_0002439****ISIC_0002476****ISIC_0007475**

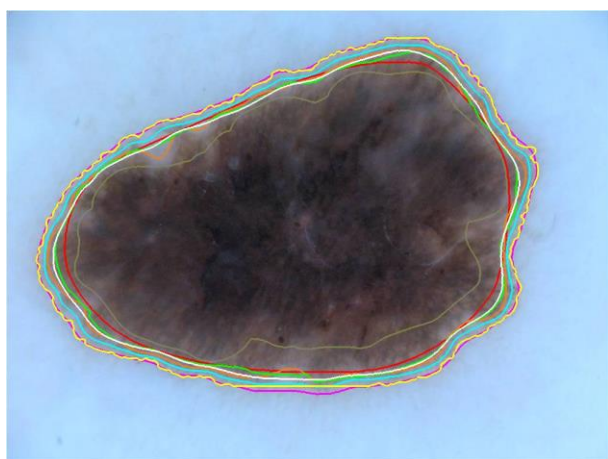


ISIC_0011101

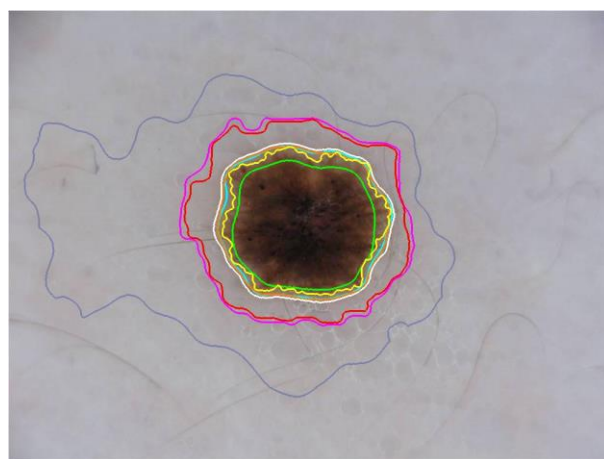


ISIC_0011300

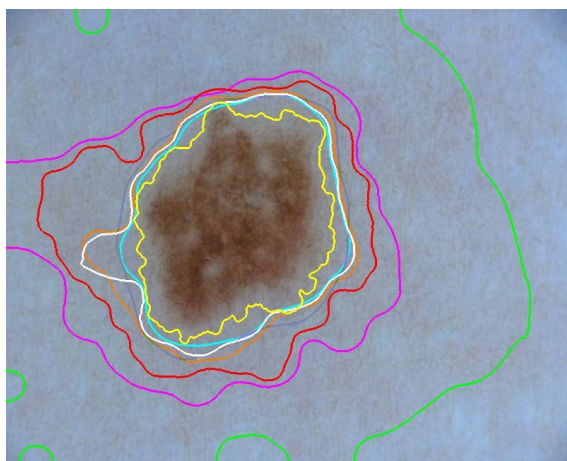
DILATACIÓN, TAMAÑO 10



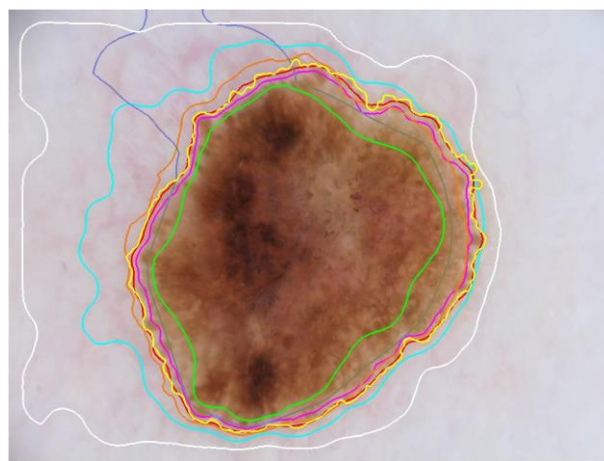
ISIC_0000000



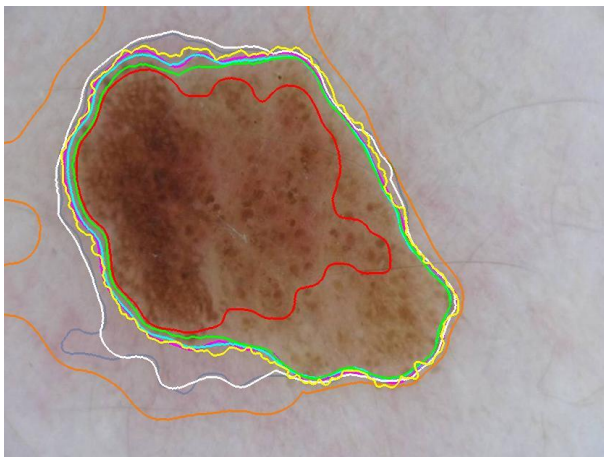
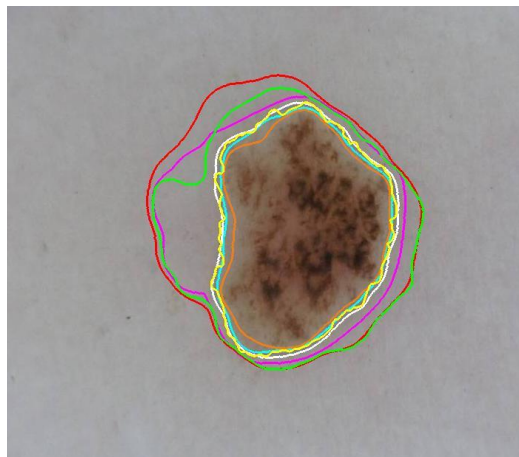
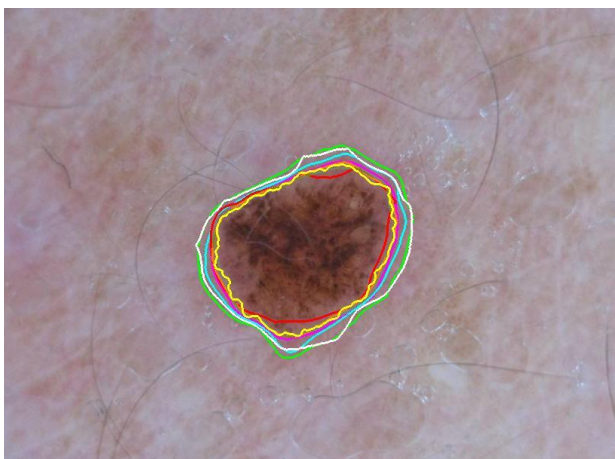
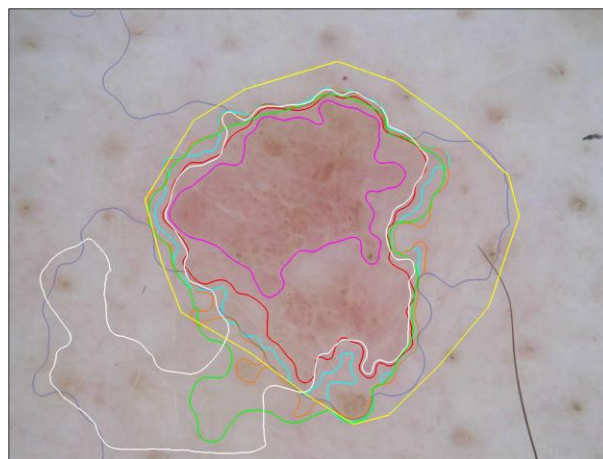
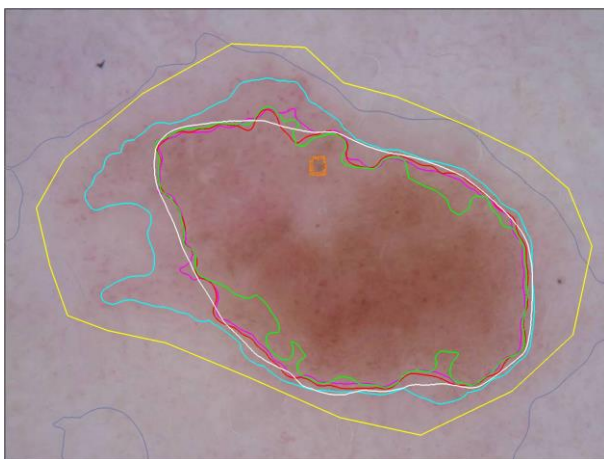
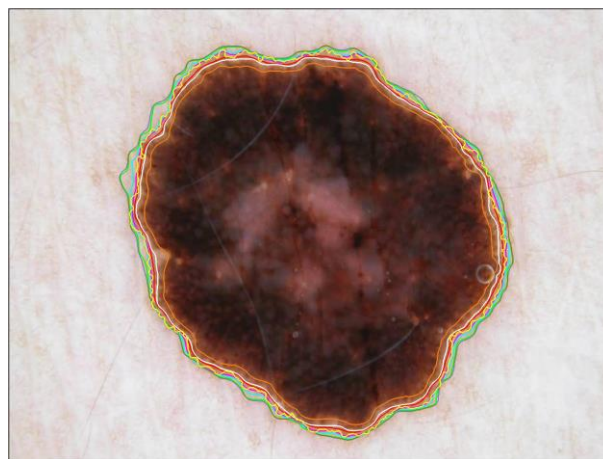
ISIC_0000001

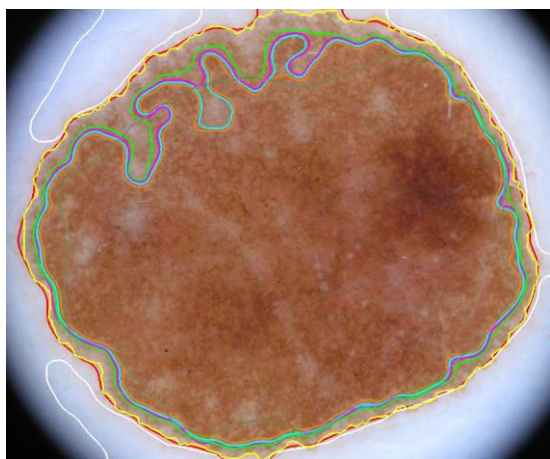


ISIC_0000006

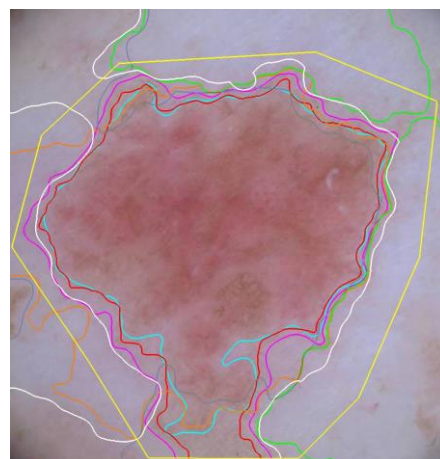


ISIC_0000008

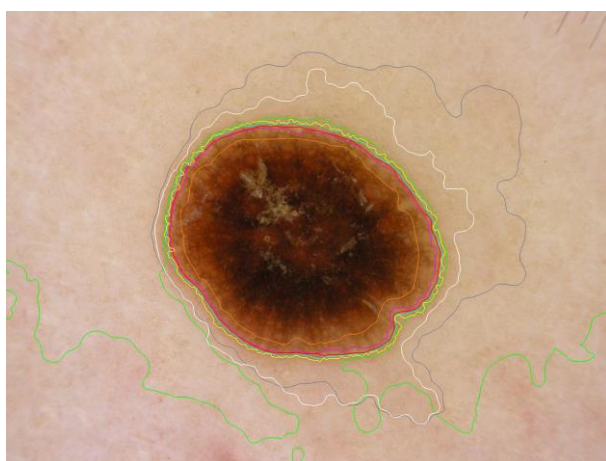
**ISIC_0000009****ISIC_0000010****ISIC_0000012****ISIC_0000024****ISIC_0000026****ISIC_0000029**



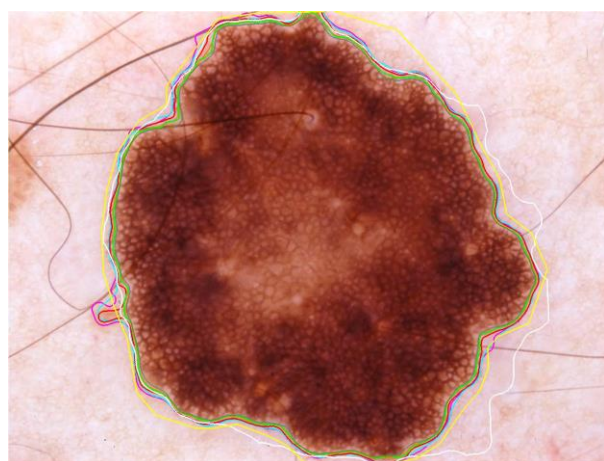
ISIC_0000075



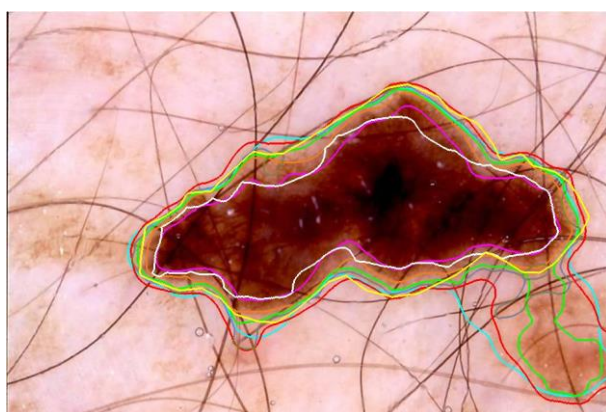
ISIC_0000077



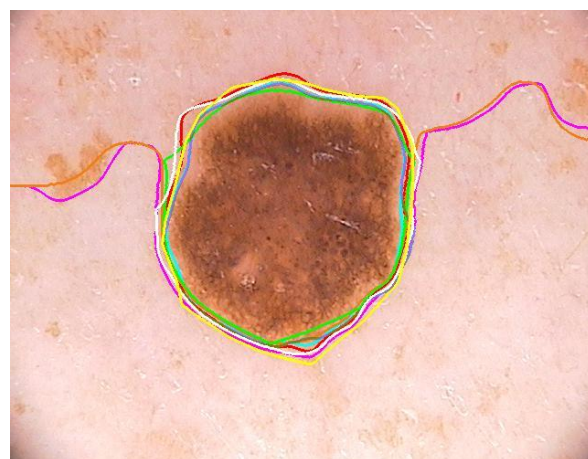
ISIC_0000080



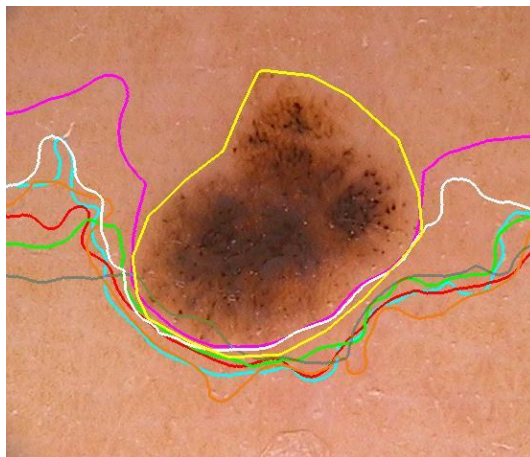
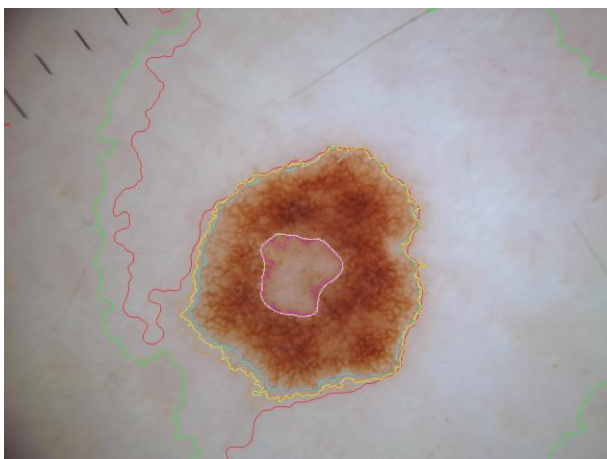
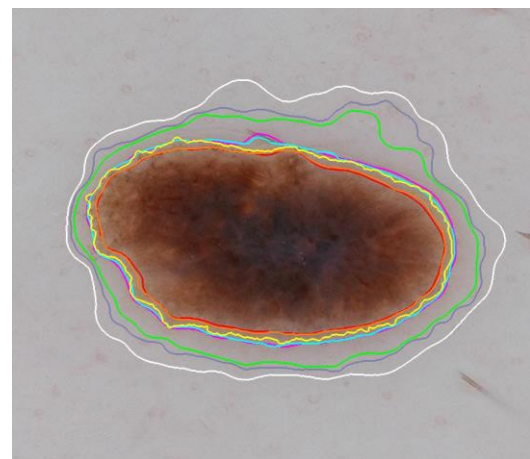
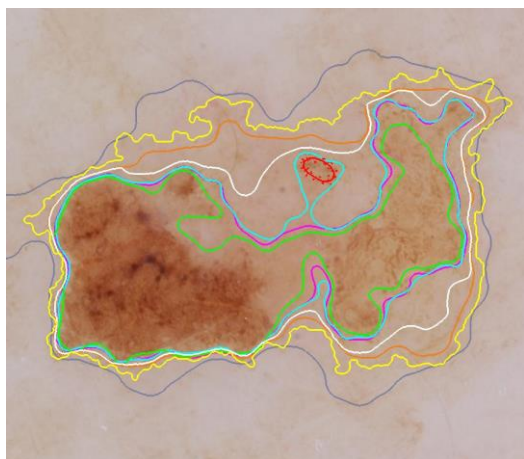
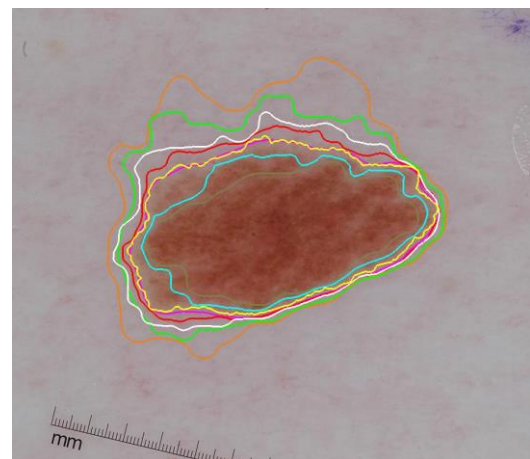
ISIC_0000204

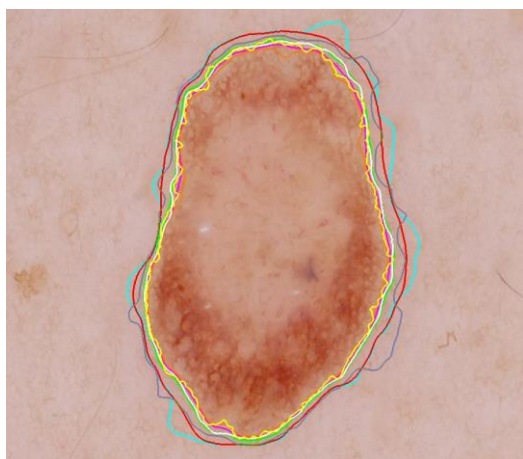


ISIC_0000214

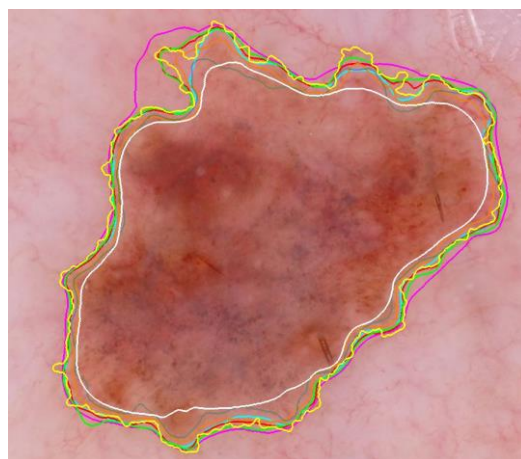


ISIC_0000329

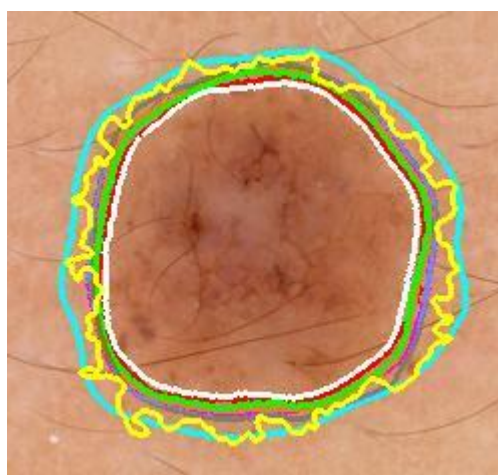
**ISIC_0000330****ISIC_0000336****ISIC_0000386****ISIC_0000482****ISIC_0000484****ISIC_0000488**



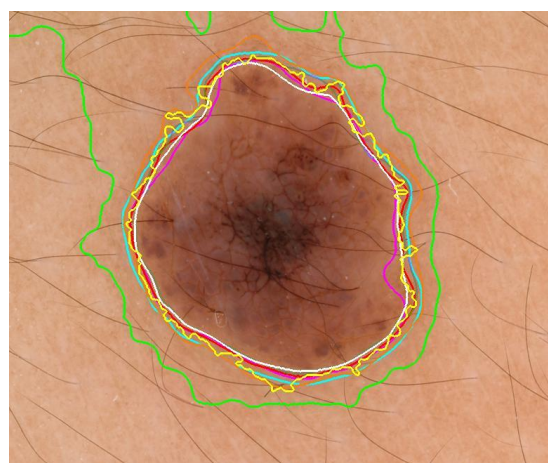
ISIC_0000509



ISIC_0000511



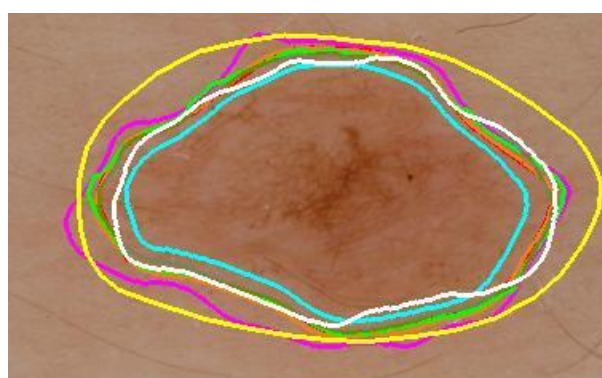
ISIC_0002438



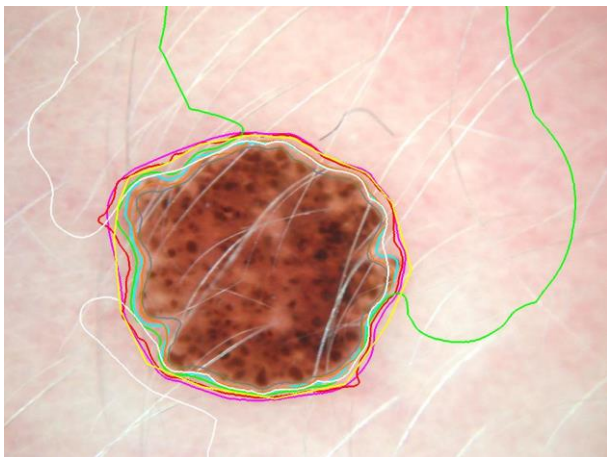
ISIC_0002439



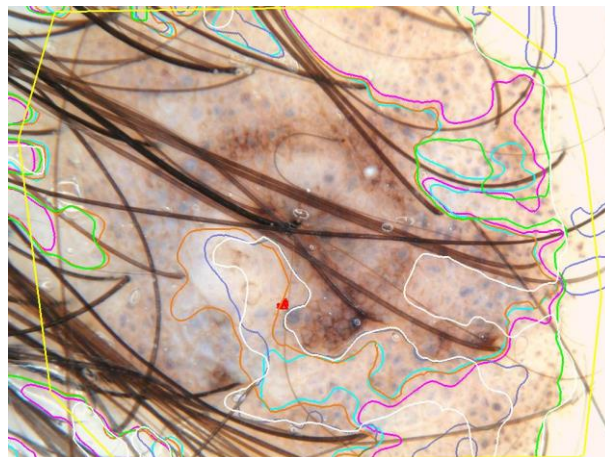
ISIC_0002476



ISIC_0007475

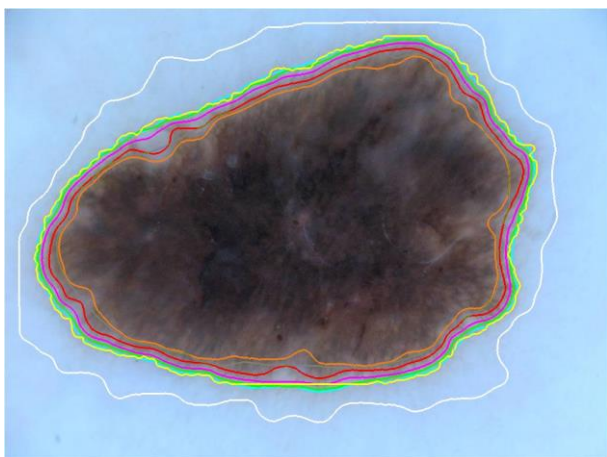


ISIC_0011101

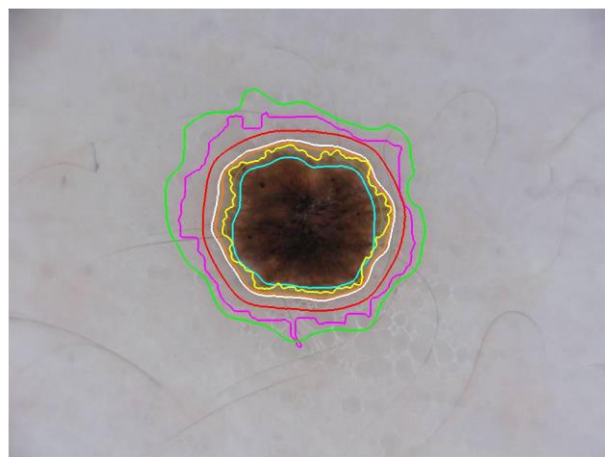


ISIC_0011300

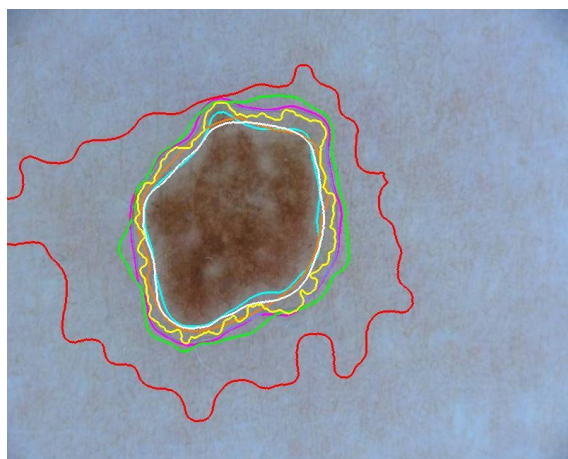
DILATACIÓN, TAMAÑO 15



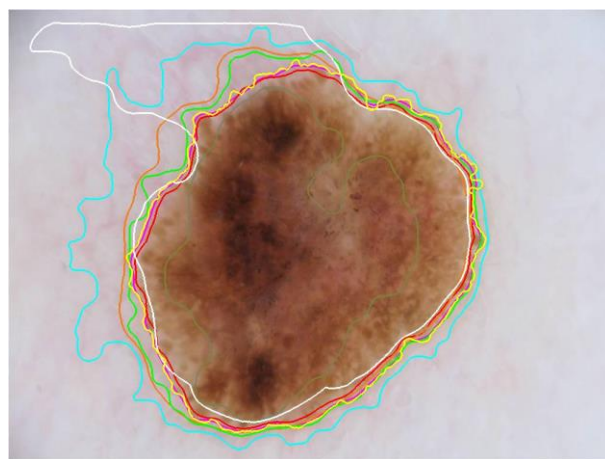
ISIC_0000000



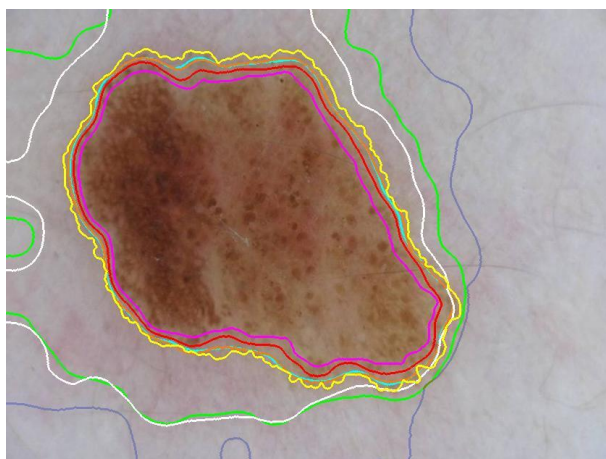
ISIC_0000001



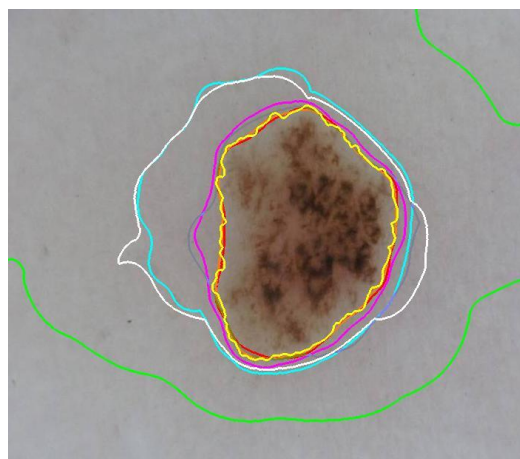
ISIC_0000006



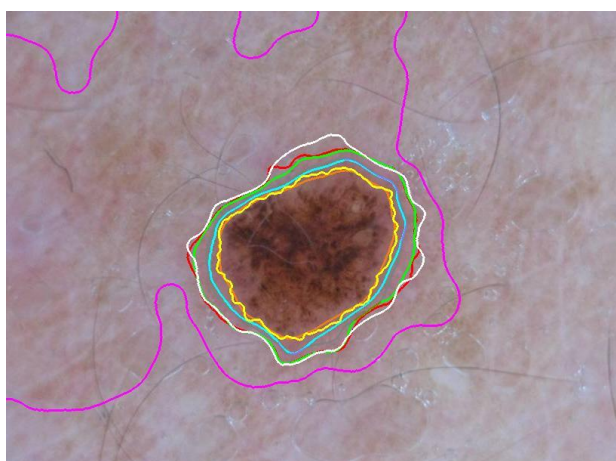
ISIC_0000008



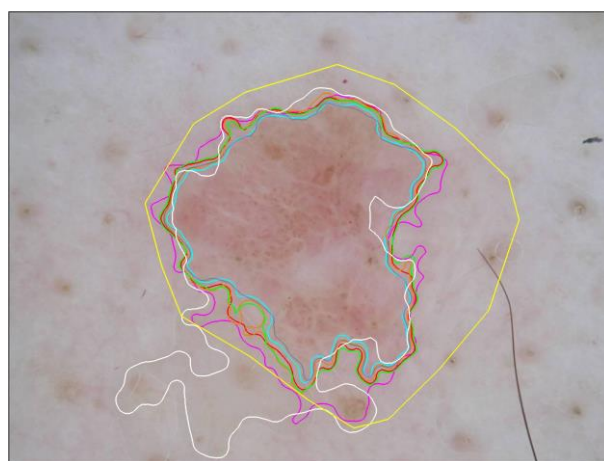
ISIC_0000009



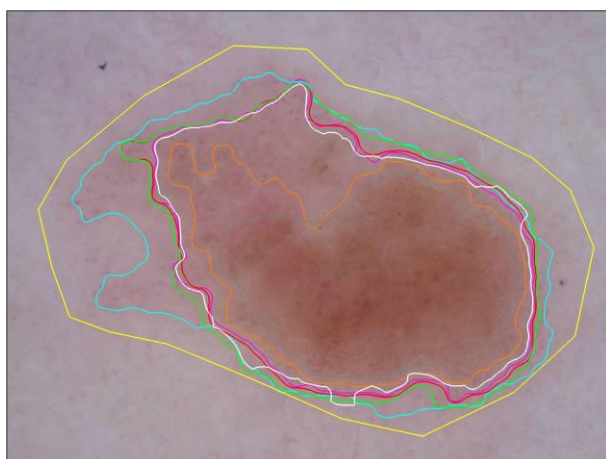
ISIC_0000010



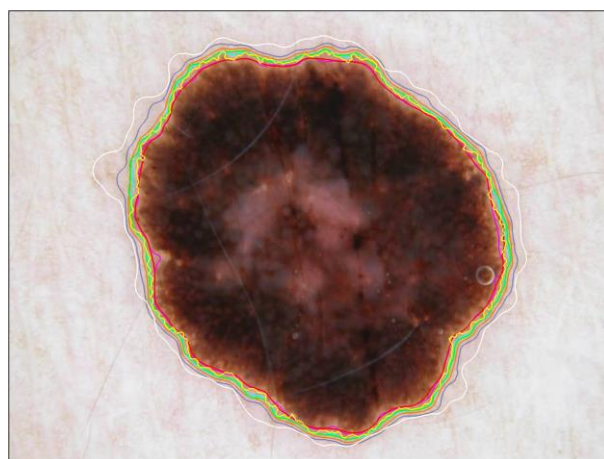
ISIC_0000012



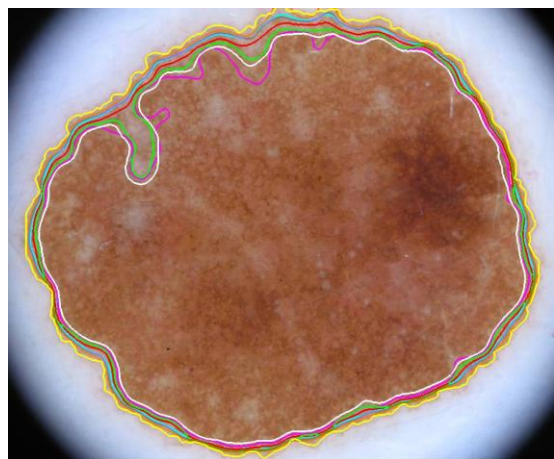
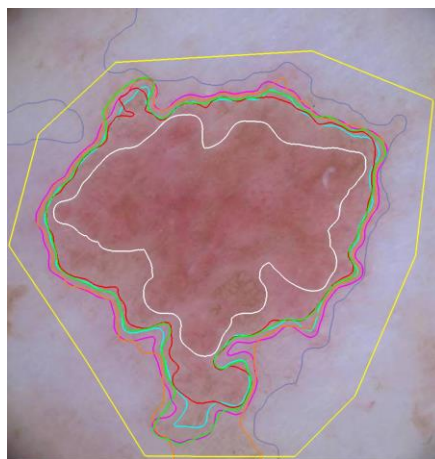
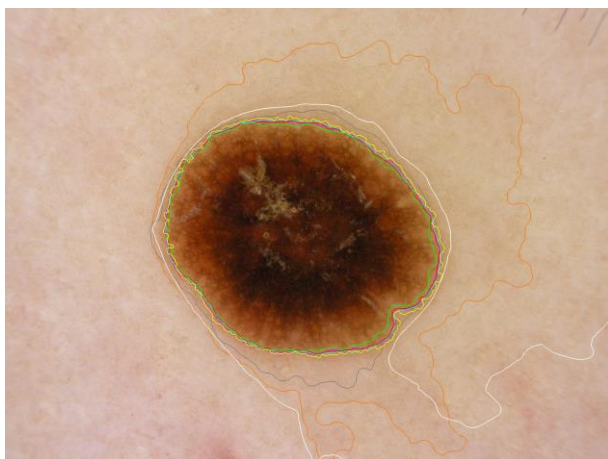
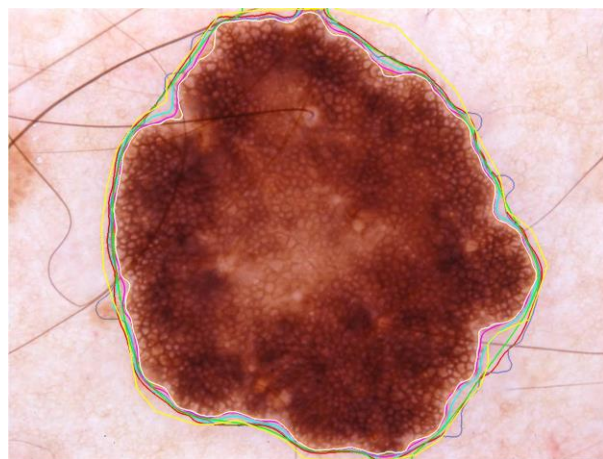
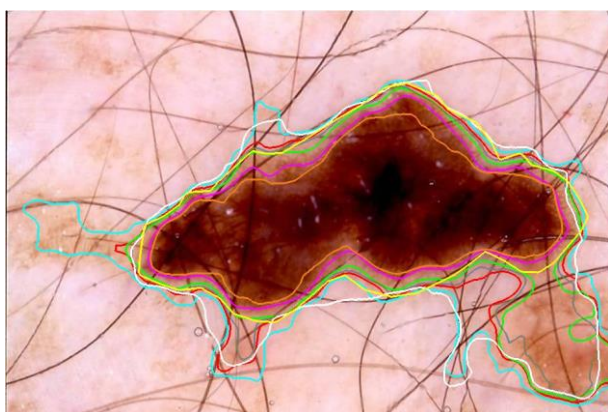
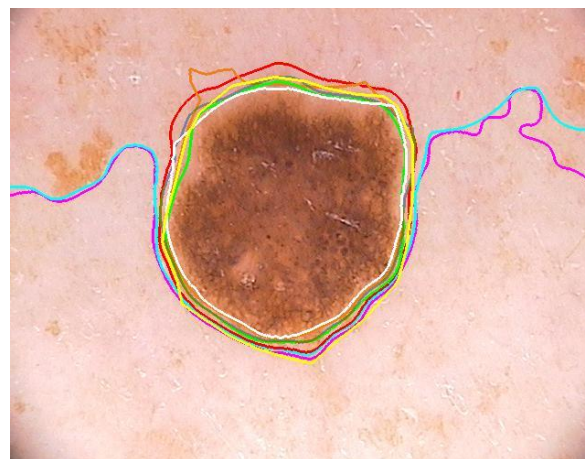
ISIC_0000024

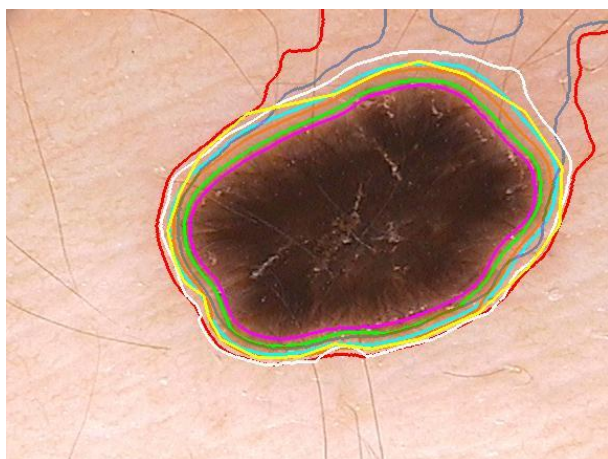


ISIC_0000026

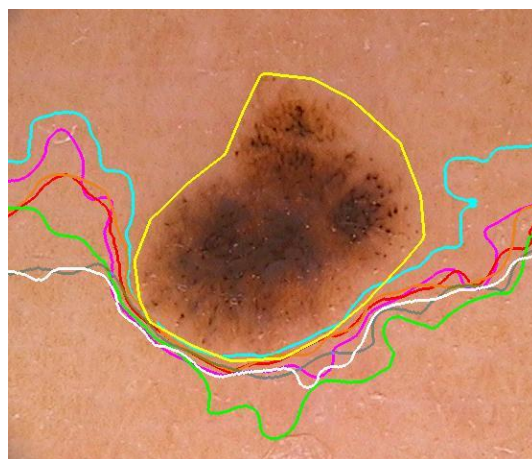


ISIC_0000029

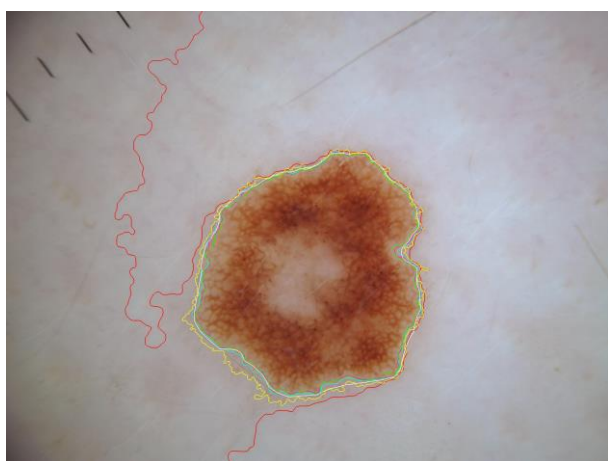
**ISIC_0000075****ISIC_0000077****ISIC_0000080****ISIC_0000204****ISIC_0000214****ISIC_0000329**



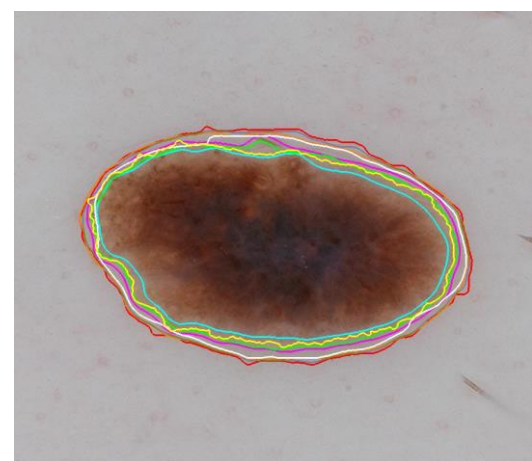
ISIC_0000330



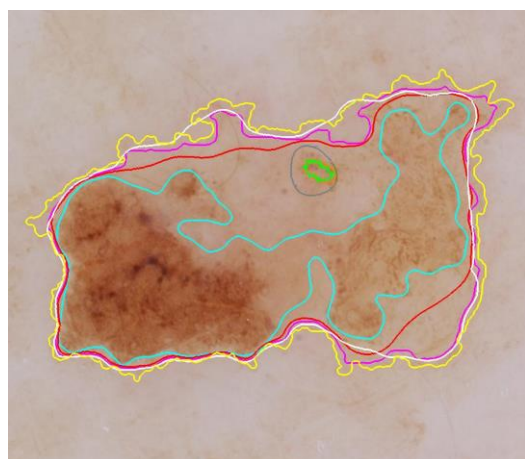
ISIC_0000336



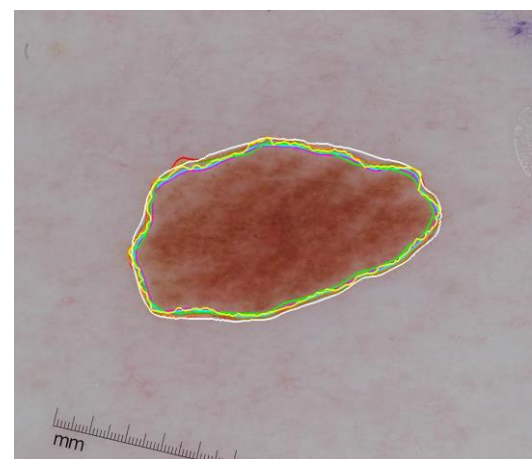
ISIC_0000386



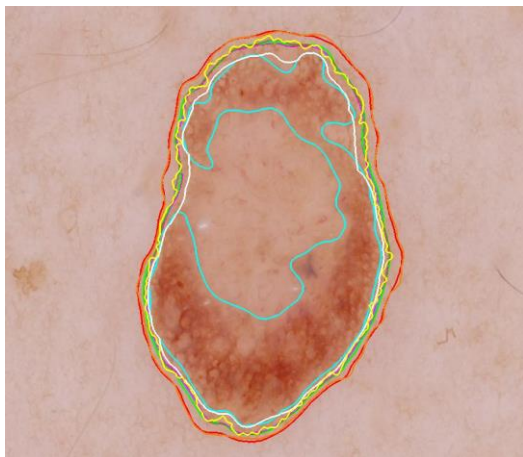
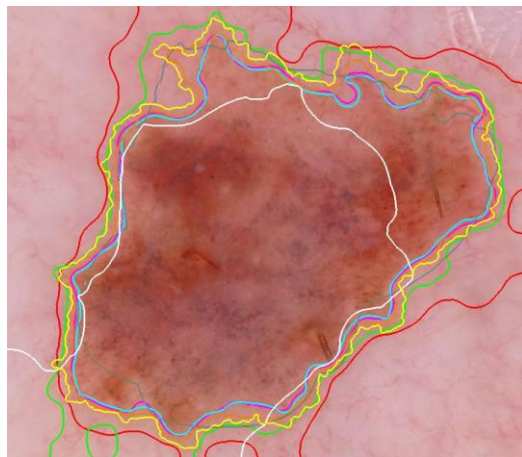
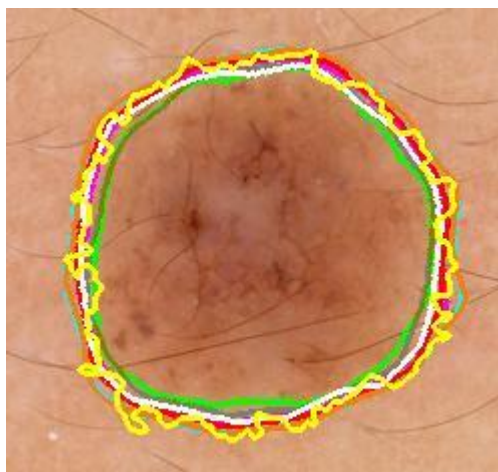
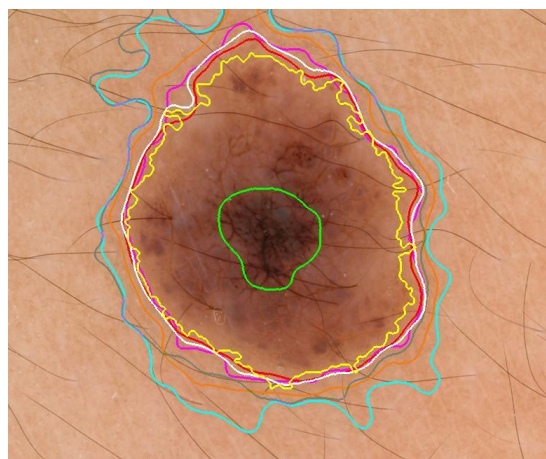
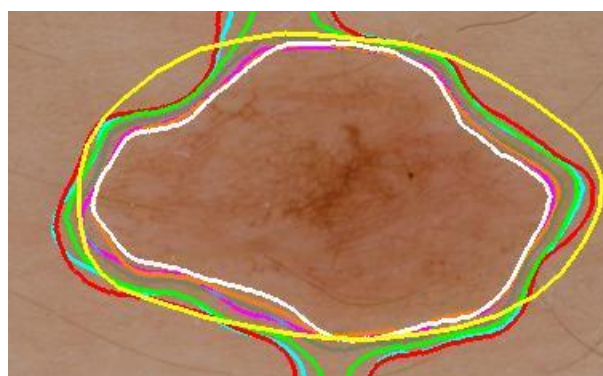
ISIC_0000482

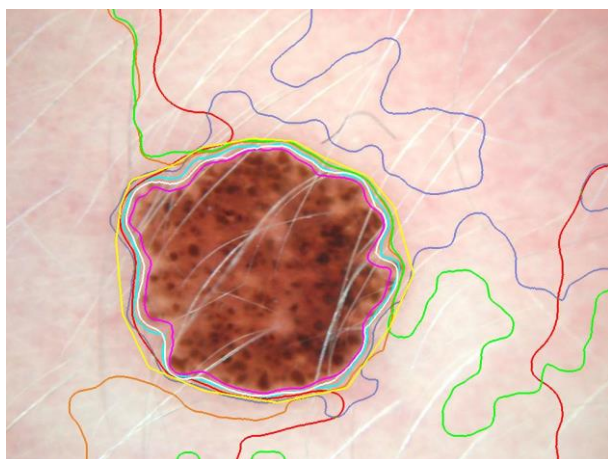


ISIC_0000484

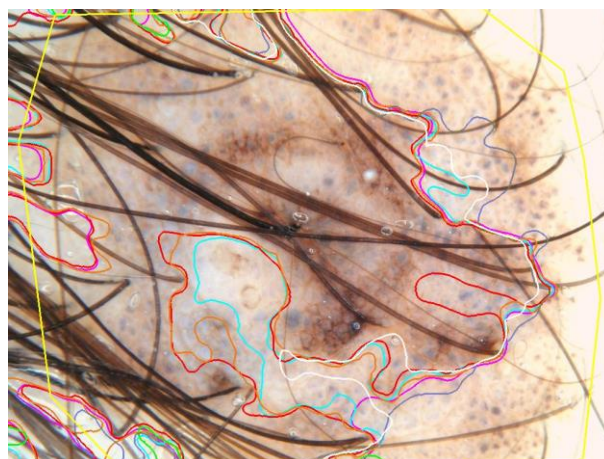


ISIC_0000488

**ISIC_0000509****ISIC_0000511****ISIC_0002438****ISIC_0002439****ISIC_0002476****ISIC_0007475**



ISIC_0011101



ISIC_0011300